


GIFT OF
Mrs. J. P. Langhorne
SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX-LIBRIS


Digitized by Google

Arthur P. Haynes
March 27th 1890
Montpellier.

MANUEL PRATIQUE

DU

FABRICANT D'ALCOOLS

MANUEL PRATIQUE

DU

FABRICANT D'ALCOOLS

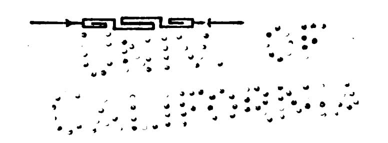
ALCOOLS DE VIN, DE CIDRE, DE POIRE, DE BETTERAVES, DE MÉLASSES, ETC.

PAR

ÉDOUARD ROBINET

CHIMISTE ŒNOLOGUE

AVEC 32 FIGURES DANS LE TEXTE



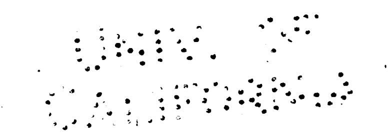
PARIS

BERNARD TIGNOL, ÉDITEUR

Acquéreur des publications scientifiques, industrielles et agricoles, de la Maison Eugène Lacroix

45, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 45

1890



FABRICATION DE L'ALCOOL

CHAPITRE PREMIER

Historique de l'alcool. — Son étude chimique. — Alcools divers. — Sources de provenances de l'alcool en général.

DE L'ALCOOL

HISTORIQUE DE L'ALCOOL

Il est assez difficile, pour ne pas dire impossible, de faire un exposé complet de l'historique de l'alcool. L'origine de ce produit se perd dans la nuit des temps et on en retrouve la mention dans les auteurs les plus anciens. Il en est la même chose pour le vin qui, dit-on, fut découvert par Noë, mais les notions légendaires ne sont pas des preuves historiques. Pour l'alcool, ses sources de provenance sont si diverses, qu'il est difficile d'établir de quel produit il fut extrait pour la première fois.

Il est évident que sa découverte est corrélative avec l'invention du premier appareil distillatoire. Mais quel en est le premier constructeur, c'est ce qu'il est assez délicat d'établir pour les temps anciens. On trouve la mention d'appareils distillatoires dans les auteurs de la Grèce

ancienne, mais ces instruments étaient des plus primitifs. Ils consistaient en chaudières chauffées à feu nu au-dessus desquelles ont posait une couche d'éponges qui recueillaient les vapeurs, les condensaient, puis on les pressait pour en extraire le jus. Ce procédé, tout barbare qu'il était, permettait cependant de faire un alcool faible de degrés, mais encore assez pur.

Les Romains ne parlent pas, dans leurs ouvrages, d'appareils distillatoires. Cependant ils avaient une connaissance assez exacte des phénomènes de la fermentation, ils faisaient du vin, de l'hydromel et les Germains leur avaient appris à faire une sorte de bière. L'hydromel était la liqueur par excellence des peuples scandinaves et des races du Midi de l'Europe et de l'Asie.

Ce que nous savons de plus positif, c'est que l'alcool et la distillation furent mis en pratique par les Arabes : en effet, les noms, alcool et alambic, sont d'origine de cette langue. Ce peuple conquérant avait produit les plus célèbres astrologues et alchimistes de ces époques barbares et ce sont ces derniers qui pratiquaient la distillation pour faire leurs drogues qu'ils vendaient ensuite parmi les classes ignorantes qu'ils dominaient.

Un médecin arabe de Bokhara, au dixième siècle, Avicenne, donne dans ses écrits la description d'appareils distillatoires déjà assez complets, mais encore bien primitifs.

Au treizième siècle, Raymond Lulle, qui fit de si curieuses observations sur la fermentation et ses résultats, nous entretient dans ses écrits d'appareils distillatoires et même de rectification, de ce qu'il appelait l'esprit subtil, sur un alcali avide d'eau ; c'est Basile Valentin qui, cinquante-huit ans après, nous apprit la rectification sur de la chaux vive.

Arnault de Villeneuve, professeur à l'Université de mé-

decine de Montpellier, en 1240, fait le premier traité que nous connaissions sur la distillation, on a pu le considérer comme l'inventeur de cet art, mais c'est une erreur, car Rhazes, médecin de Carthage, et Albucasis, médecin arabe, avaient déjà décrit des procédés de distillation propres à extraire l'arome des plantes et des fleurs.

Cependant, Arnault de Villeneuve est le premier qui fit réellement de l'eau-de-vie et qui en démontra les propriétés hygiéniques et utiles.

Son élève, Raymond Lulle, né à Majorque, en 1235, lui, perfectionna les procédés de son maître et fit réellement de l'alcool. Il faisait jusqu'à sept rectifications, mais d'après lui, dès la troisième, le liquide, qu'il appelait eau ardente ou alcool, était déjà inflammable. Il se servait pour ses travaux d'alambics en verre, sortes de grandes cornues primitives; mais grâce à la patience de nos anciens maîtres, malgré l'imperfection de leurs moyens de fabrication, ils arrivaient à obtenir des produits assez bons et assez bien fait.

Michel Savonarole, en 1440, écrit un traité de distillation (*Confidencia aqua vitæ*) où il décrit le premier l'alambic en métal avec serpentin de même matière, plongeant dans l'eau froide. Il perfectionne même assez complètement son appareil et il arriva à avoir des eaux-de-vie de vin d'un degré assez élevé. En même temps il donne différents procédés pour s'assurer de la force en alcool de son eau-de-vie :

1° On imprègne des linges ou du papier avec de l'eau-de-vie, on y met le feu ; elle est réputée de bonne qualité lorsque la flamme détermine la combustion du linge ou du papier.

2° On mêle l'eau-de-vie avec l'huile pour s'assurer si elle surnage.

Il traite également de la distillation de différentes

plantes avec de l'eau-de-vie pour en faire des liqueurs ayant l'arome de ces plantes. Ce sont ses eaux-de-vie composées.

D'autres auteurs, Matthioles et Jérôme Rubée ont écrits différents traités sur la distillation.

Jean-Baptiste Porta, Napolitain, vers la fin du seizième siècle, a aussi écrit un traité très complet sur la matière, puis, au dix-septième siècle, Nicolas Lefèvre, le docteur Arnaud, de Lyon, et le chimiste Glaubert ont successivement modifié et complété les connaissances acquises sur la distillation, tant au point de vue de l'obtention de l'eau-de-vie que pour la fabrication des remèdes et des liqueurs.

En 1661, Jacques Sachs publie un fort curieux ouvrage sur la vigne, l'art de faire le vin, et enfin les procédés les plus perfectionnés de l'époque pour faire l'eau-de-vie de vin. Kircher, le savant jésuite, en 1663, traite également cette question, mais à différents points de vue scientifiques.

Dans sa *Pharmacopée*, Moïse Charas décrit différents systèmes de distillation, puis viennent Berchusen et Boerhave qui indiquent des procédés pour obtenir de l'eau-de-vie à différents degrés, et même des degrés assez élevés.

Macquer, dans ses éléments de chimie, entre dans des considérations scientifiques et pratiques assez étendues sur la fermentation des matières sucrées et de la formation de l'alcool. Il commence par extraire l'eau-de-vie de ses produits fermentés, puis il rectifie cet eau-de-vie par des distillations successives et obtient ce qu'il appelle de l'esprit ardent, et enfin de l'esprit de vin alcoolisé. Il décrit même avec assez d'exactitude des procédés pour priver cet esprit alcoolisé des huiles essentielles qui lui donnent un goût spécial. Cet auteur paraît avoir

poussé assez loin ce genre de recherches. Cependant il n'indique aucun procédé nouveau de distillation, il se sert simplement des appareils connus jusqu'à ce jour.

Le grand Lavoisier, dans son traité élémentaire de chimie, explique, avec sa lucidité habituelle, les phénomènes de la fermentation, la production de l'alcool, son isolement et enfin en détermine la composition. Ce sont de grands pas pour la science, mais au point de vue pratique et industriel, rien n'est encore fait, on est toujours dans la plus grande enfance, cependant à la même époque Argand, de Lyon, en 1780, invente le chauffe-vin, c'est-à-dire qu'il emploie la chaleur des vapeurs de l'évaporation à chauffer déjà le vin. C'était un progrès, mais c'est à un obscure praticien que devait revenir l'honneur de découvrir l'appareil à distillation continue, permettant d'obtenir à volonté des eaux-de-vie ou des alcools à tous les degrés exigés par le commerce. Edouard Adam, cet homme de génie, appliqua le principe de l'appareil de Woulf à la distillation et résolut du premier coup le grand problème de la distillation et de la rectification simultanée, c'est en 1801 qu'il fit un premier appareil.

Quel bruit n'aurait pas fait sa découverte si elle était sortie du cerveau d'un des grands chimistes de l'époque ; mais elle venait de source obscure, et l'industrie, tout en adoptant avec enthousiasme son invention, ne pensa qu'à une chose, en tirer le plus de profit possible tout en cherchant à dépouiller son inventeur. Le brevet d'Adam est du 2 juillet 1801.

Voici la description de son appareil si simple : le vin est chauffé dans une cucurbite et les vapeurs, en sortant, passent dans une série de vases, en forme d'œuf, chargés de vin, s'y condensent jusqu'à ce que le vin arrive à la température de l'ébullition ; ce premier vin, surchargé d'alcool, distille à son tour des vapeurs qui chauffent un

second récipient, lequel à son tour en chauffe un troisième et ainsi de suite jusqu'au dernier qui ne contient plus guère que de l'alcool à un degré déjà très élevé qui distille à son tour des vapeurs qui viennent se condenser dans un serpentin plongé dans un réfrigérent. En multipliant les vases intermédiaires entre la cucurbite et le serpentin on arrive à avoir à la fin un alcool d'un titre très élevé, d'autant plus que dans les derniers vases on ne mettait qu'une faible quantité d'eau pur qui lavait l'alcool.

Pour alimenter la cucurbite, on se servait du vin des vases déjà arrivé à une température assez élevée, il y avait donc économie de combustible, continuité dans le travail et rapidité dans la manutention des produits.

C'était une vraie découverte, une révolution dans la distillerie, aussi, malgré son brevet, Adam fut accablé de tous côtés de procès, on contrefit son invention, et en 1807, il mourut dans la misère, abreuvé de dégoûts. Il dota son pays d'une grande idée, mais elle le tua, comme cela arrive souvent aux inventeurs. Ce n'est qu'en 1837, que le conseil municipal de Rouen, voulant rendre justice à ce martyr de l'invention, décida qu'une plaque commémorative serait placée sur la maison où il était né.

En 1855, le conseil d'arrondissement de Montpellier, décida qu'un monument lui serait élevé dans la ville, car c'est dans cette cité qu'il fit ses premiers travaux. Quatre ans après la découverte d'Adam, un nommé Isaac Bérard, distillateur au Grand-Gallangues, fit également un appareil fort simple au moyen duquel il obtenait à volonté des esprits de tous les degrés.

Les appareils d'Adam étaient encore bien imparfaits, aussi chercha-t-on immédiatement à les simplifier et à les perfectionner, et Cellier-Blumental remplaça les vases par des plateaux, chargés d'une mince couche de vin, et chauffés par les vapeurs d'évaporation. Il avança de

beaucoup le problème de la distillation continue. Mais c'est Ch. Derosne, de Paris qui, en 1818, fit l'appareil le plus parfait. Il inventa son appareil à colonne, à distillation o ntinue et à rectificateur, qui pendant de longues années a été le plus perfectionné qu'ait employé l'industrie. Mais nous nous arrêterons là dans nos données historiques, car nous aurons occcasion, dans la description des différents procédés de fabrication des alcools de diverses provenances, de décrire une foule d'appareils qui, tous, ont leur utilité et leur raison d'être.

En résumé, c'est donc à Argand, puis à Adam et enfin à Ch. Derosne qu'on doit les premiers progrès sérieux fait dans l'art de distiller un liquide fermenté quelconque pour en extraire l'alcool à un degré facultatif, et tous les inventeurs qui sont venus greffer leurs travaux sur ces premières données ne sont, on peut le dire, que des industriels qui ont perfectionné une première idée, le principe est toujours le même, il n'y a que les moyens qui diffèrent.

Le seul grand progrès qui ait été fait depuis quelques années, c'est l'épuration absolue du produit obtenu. En effet, on est arrivé à isoler d'une manière presque complète, et industriellement, l'alcool éthylique pur $C^4H^6O^2$. Tant au point de vue de l'emploi qu'au point de vue de l'hygiène c'est un service immense rendu à l'humanité, et M. Bang a, certes, droit à la reconnaissance de tous, pour sa belle découverte.

En résumé, l'alcool est un produit connu de toute antiquité et qui n'est arrivé à sa perfection que depuis très peu d'années, grâce aux travaux des chimistes.

ÉTUDE CHIMIQUE DE L'ALCOOL

L'ALCOOL ÉTHYLIQUE

Lorsqu'une matière saccharine quelconque, soit naturelle, soit saccharifiée par un procédé chimique, entre en fermentation, il se produit principalement deux corps, l'un liquide, incolore, inflammable, caustique, c'est l'alcool, l'autre gazeux ; c'est l'acide carbonique. Un seul de ces corps nous occupera pour le moment et au chapitre fermentation nous aurons occasion d'en expliquer la formation ; pour le moment, nous le prenons tout isolé et nous allons en étudier les principales propriétés et la composition.

La formule chimique de l'alcool éthylique est :

$$C^4H^6O^2 = C^4H^4 + (H^2O^2)$$

Equivalent en poids : 575. Equivalent en volume = 4 volumes.

		Equivalents		En poids
C^4	=	300	=	52 67
H^6	=	75	=	12 90
O^2	=	200	=	34 43
		575		100 00

L'alcool est liquide, incolore, caustique, brûlant avec une flamme jaune, quand il est pur, bleu quand il est hydraté. Sa saveur est brûlante, il est vénéneux quand il est introduit dans les veines, car il coagule l'albumine du sang et arrête la circulation.

D'après Gay-Lussac sa densité est de 0.8095 à 10.07938 à + 15° et 0.792 à + 20°, l'eau pesant 1.000, il bout à + 78° 41. La densité de sa vapeur est de 1.6133. Il est soluble en toutes proportions dans l'eau et missible avec

une foule d'autres corps, ce qui pourrait faire supposer qu'il la dissout, ce qui n'est pas.

Ce corps, très stable, quoique assez volatil, subit de profondes modifications en présence de certains corps, et l'étude de ces transformations présente un grand intérêt dans le travail auquel nous allons nous livrer.

La réaction, la plus à redouter chez le distillateur, est sa conversion en acide acétique par suite de l'absorption de l'oxigène, action qui se produit avec une rapidité extrême dans les bacs à fermentation alcoolique, l'équation chimique suivante la démontre.

$$\underset{\text{alcool}}{C^4H^6O^2} + \underset{\text{oxigène}}{O^4} = \underset{\text{acide acétique}}{C^4H^4O^4} + \underset{\text{eau.}}{2HO}$$

Le danger de cette transformation est permanent et si les plus grandes précautions ne sont prises, dans l'opération de la fermentation des jus sucrés, on est exposé à perdre une partie de l'alcool produit et on a une diminution très sensible dans le rendement des jus sucrés.

Nous ne saurions trop appeler l'attention des distillateurs sur ce point.

Le chlore exerce également une influence assez sensible sur l'alcool et le transforme en aldéhyde ainsi que le démontre la formule suivante :

$$\underset{\text{alcool}}{C^4H^6O^2} + \underset{\text{chlore}}{2Cl} = \underset{\text{acide chlorhydrique}}{2HCl} + \underset{\text{aldéhyde.}}{C^4H^4O^2}$$

S'il y a un grand excès de chlore, il se forme un autre produit désigné sous le nom de chloral qui prend naissance au dépend de l'aldéhyde, la formule suivante explique cette réaction.

$$\underset{\text{aldéhyde}}{C^4H^4O^2} + \underset{\text{chlore}}{Cl^6} = \underset{\text{acide chlorhydrique}}{3HCl} + \underset{\text{chloral.}}{C^4HCl^3O^2}$$

Toutes ces transformations sont des ennemis à éviter.

La potasse et le potassium exercent également une influence destructive sur l'alcool, c'est-à-dire, qu'ils forment des combinaisons qui s'opposent à son extraction des jus de fermentation.

Les acides qui cèdent facilement leur oxigène, tels que les acides permanganiques, chromiques, azotiques, chlorique, bromique, etc., etc., oxident rapidement l'alcool en déterminant souvent son inflammation. (Pelouze et Fremy.)

La flamme de l'alcool est diversement coloriée par les sels solubles et insolubles, tels, les sels de strontiane qui colorent sa flamme en pourpre, les sels de chaux en rouge, les sels de cuivre en vert.

L'alcool peut dissoudre un certain nombre de corps, ainsi il dissout 1/200 de soufre, 1/240 de phosphore. Le brome, l'iode, les hydrate de potasse, de soude, et les sulfates alcalins s'y dissolvent en grande quantité; il en est de même des chlorures, des bromures et des iodures solubles dans l'eau, et de tous les sels déliquescents en général.

Le carbonate de potasse est insoluble dans l'alcool anhydre, mais soluble en faible quantité quand il a 90 degrés.

Il absorbe :

68 volumes d'acide chlorhydrique.
12 — d'oxychlorure de carbone.
23 — de cyanogène.

A 0.840 de densité, privé d'air, il dissout :

Acide sulfureux...........	115.77	volumes.
Hydrogène sulfuré........	6.06	—
Acide carbonique.........	1.86	—

Protoxyde d'azote.........	1.53	volumes.
Ethylène................	1.27	—
Oxigène.................	0.1625	—
Oxide de carbure.........	0.145	—
Hydrogène...............	0.051	—
Azote..................	0.042	—

Il dissout les résines, les matières grasses, les huiles essentielles, les éthers, les alcaloïdes et la plupart des acides organiques.

Il donne certaines réactions en présence d'un assez grand nombre de sels, et forme des composés cristallins peu stables.

D'après Kuhlmann, le chlorure de calcium en présence de l'alcool anhydre forme un composé dont la formule est CaCl,2 ($C^4H^6O^2$), le chlorure de manganèse, en se combinant avec lui, donne des cristaux qui contiennent 52 0/0 d'alcool.

Lorsqu'on le mélange avec du perchlorure de fer, la masse s'échauffe et forme un produit épais, qui, soumis à la chaleur, dégage de l'éther chlorhydrique et dépose du peroxyde de fer.

En présence des chlorures d'aluminium et d'antimoine, il forme des sels cristallisables qui dégagent de l'éther et de l'éther chlorhydrique quand on les chauffe.

Avec le chlorure de zinc il forme une combinaison, qui, par la chaleur dégage de l'éther dont la formule est C^4H^5O. C'est M. Masson qui a indiqué cette réaction.

L'éthérisation de l'alcool s'obtient généralement par l'action de l'acide sulfurique sur ce corps dans les proportions suivantes, indiquées par Soubeiran.

Alcool à 32 centésimaux.........	70	parties
Acide sulfurique concentré.......	100	—

La formule de cette réaction est assez compliquée, on

a cependant cru l'expliquer en pensant que l'acide sulfurique lui enlevait un équivalent d'eau et le transformait ainsi en éther ainsi que l'indique la formule suivante :

$$\underset{\text{alcool}}{C^4H^6O^2} - \underset{\text{eau}}{HO} = \underset{\text{éther.}}{C^4H^5O}$$

Cette explication ne pouvait satisfaire les savants. M. Williams en présente une nouvelle formule que nous donnons sans plus d'explications.

$$\underset{\text{acide sulfurique}}{\left.\begin{matrix} S^2O^4 \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^4} + \underset{\text{alcool}}{\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O^2} = \underset{\text{acide sulfovinique}}{\left.\begin{matrix} S^2O^4 \\ C^4H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O^4} + \underset{\text{eau.}}{\left.\begin{matrix} H \\ H \end{matrix}\right\} O^2}$$

Première transformation qui est suivie d'une nouvelle, dont voici la formule :

$$\underset{\text{acide sulfovinique}}{\left.\begin{matrix} S^2O^4 \\ C^4H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O^4} + \underset{\text{alcool}}{\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ H \end{matrix}\right\} O^2} = \underset{\text{acide sulfurique}}{\left.\begin{matrix} S^2O^4 \\ H^2 \end{matrix}\right\} O^4} + \underset{\text{éther.}}{\left.\begin{matrix} C^4H^5 \\ C^4H^5 \end{matrix}\right\} O^2}$$

Cette formule a été vivement discutée, mais ici n'est point la place de semblables controverses, qu'on sache seulement, que tous les acides en général, transforment l'alcool en éthers, tels les acides sulfurique, azotique, chlorhydrique, acétique, etc., etc.

C'est donc une précaution qui s'indique d'elle-même, aux distillateurs, d'éviter de laisser leurs jus chargés d'alcool en présence d'un acide quelconque, même des acides organiques les plus faibles.

Un grand nombre de sels peuvent également opérer cette transformation, nous n'en expliquerons pas les

actions, nous en donnons simplement la nomenclature.

Le chlorhydrate d'ammoniaque;

Le bichlorure d'étain;

Le fluorure de bore;

Le fluorure de silicium.

En présence, soit de l'azotate de mercure, soit de l'azotate d'argent et de l'acide azotique, il donne des produits fulminants (Les fulminates). Le bichlorure de platine le transforme en aldéhyde, en éther acétique et éther chlorhydrique; il reste dans la liqueur un produit dont la formule est $C^4H^4Pt+Cl^2$.

Mais, laissons un peu de côté ces digressions scientifiques, qui cependant nous serons d'une certaine utilité dans l'avenir, pour revenir à une étude infiniment plus intéressante, c'est celle de l'action de l'eau sur l'alcool.

L'alcool ayant une grande affinité pour l'eau, lorsqu'on les mélange il y a une contraction sensible dans la masse.

Ainsi, 50 litres d'eau et 50 litres d'alcool, au lieu de donner 100 litres de mélange, n'en donnent que 96 litres 255, M/L.

Le maximum de cette contraction s'obtient par les proportions suivantes :

	53 739	parties d'alcool	donnent 100 parties en volume de mélange.
	49 836	id. d'eau	
Total.	103 575.		

La densité de ce mélange à $+10°$ est de 0.927, et l'alcool y est représenté par la formule suivante :

$$C^4H^6O^2 + 6HO.$$

Voici d'après Budberg, une table de contraction des mélanges d'eau et d'alcool calculée d'après les tables de densité de Gay-Lussac.

TABLE DE CONTACTION DES MÉLANGES D'EAU
ET D'ALCOOL à + 15°

100 litres d'alcool	et	0 litres d'eau	se contractent	de 0 litres
95	—	5	—	1.18
90	—	10	—	1.94
85	—	15	—	2.47
80	—	20	—	2.87
75	—	25	—	3.19
70	—	30	—	3.44
65	—	35	—	3.615
60	—	40	—	3.73
55	—	45	—	3.77
50	—	50	—	3.745
45	—	55	—	3.64
40	—	60	—	3.44
35	—	65	—	3.14
30	—	70	—	2.72
25	—	75	—	2.24
20	—	80	—	1.72
15	—	85	—	1.20
10	—	90	—	0.72
5	—	95	—	0.30
0	—	10°	—	».»»

Voici des tables des densités des mélanges d'eau et d'alcool, suivant différents auteurs, nous croyons bon de les donner pour qu'on puisse se reconnaître dans les ouvrages écrits dans d'autres pays que le nôtre, et il nous sera toujours bon d'avoir des points de comparaison, comparables entre eux.

DENSITÉ DES MÉLANGES D'EAU ET D'ALCOOL A + 15

Alcool en volume degré alcoométrique	DENSITÉ	Alcool en volume degré alcoométrique	DENSITÉ	Alcool en volume degré alcoométrique	DENSITÉ	Alcool en volume degré alcoométrique	DENSITÉ
0	1.000	25	0.9711	50	0.9348	75	0.8779
1	0.9985	26	0.9700	51	0.9329	76	0.8753
2	0.9970	27	0.9690	52	0.9309	77	0.8726
3	0.9956	28	0.9679	53	0.9289	78	0.8699
4	0.9942	29	0.9668	54	0.9269	79	0.8672
5	0.9929	30	0.9657	55	0.9248	80	0.8645
6	0.9916	31	0.9645	56	0.9227	81	0.8617
7	0.9903	32	0.9633	57	0.9206	82	0.8589
8	0.9891	33	0.9621	58	0.9185	83	0.8560
9	0.9878	34	0.9608	59	0.9163	84	0.8531
10	0.9867	35	0.9594	60	0.9141	85	0.8502
11	0.9855	36	0.9581	61	0.9119	86	0.8472
12	0.9844	37	0.9567	62	0.9096	87	0.8442
13	0.9833	38	0.9553	63	0.9073	88	0.8411
14	0.9822	39	0.9538	64	0.9050	89	0.8379
15	0.9812	40	0.9523	65	0.9027	90	0.8346
16	0.9802	41	0.9507	66	0.9004	91	0.8312
17	0.9792	42	0.9491	67	0.8980	92	0.8278
18	0.9782	43	0.9474	68	0.8956	93	0.8242
19	0.9773	44	0.9457	69	0.8932	94	0.8206
20	0.9763	45	0.9440	70	0.8907	95	0.8168
21	0.9753	46	0.9422	71	0.8882	96	0.8128
22	0.9742	47	0.9404	72	0.8857	97	0.8086
23	0.9732	48	0.9386	73	0.8831	98	0.8042
24	0.9722	49	0.9367	74	0.8805	99	0.7996
						100	0.7947

TABLES DE LA DENSITÉ DE L'ALCOOL

A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES, D'APRÈS TRALLES.

Alcool 0/0 en volume du liquide	DENSITÉ AUX TEMPÉRATURES DE,								
	+ 1·1	+ 1·7	+ 4·7	+ 7·2	+ 10·	+ 12·8	+ 15·6	+ 18·3	+ 21·1
0	0.9994	0.9997	0.9997	0.9998	0.9995	0.9994	0.9991	0.9987	0.9981
5	0.9924	0.9926	0.9926	0.9926	0.9925	0.9922	0.9919	0.9915	0.9909
10	0.9868	0.9868	0.9868	0.9867	0.9865	0.9861	0.9857	0.9852	0.9845
15	0.9823	0.9820	0.9820	0.9817	0.9813	0.9807	0.9862	0.9796	0.9788
20	0.9786	0.9782	0.9777	0.9772	0.9766	0.9759	0.9751	0.9743	0.9733
25	0.9753	0.9746	0.9738	0.9729	0.9720	0.9709	0.9700	0.9690	0.9678
30	0.9717	0.9707	0.9695	0.9684	0.9672	0.9659	0.9646	0.9632	0.9618
35	0.9671	0.9658	0.9644	0.9629	0.9616	0.9599	0.9583	0.9566	0.9549
40	0.9615	0.9598	0.9581	0.9563	0.9546	0.9528	0.9510	0.9471	0.9472
45	0.9544	0.9525	0.9506	0.9486	0.9467	0.9447	0.9427	0.9406	0.9385
50	0.9460	0.9440	0.9420	0.9399	0.9378	0.9356	0.9335	0.9313	0.9290
55	0.9368	0.9347	0.9325	0.9302	0.9279	0.9526	0.9234	0.9211	0.9187
60	0 9267	0.9245	0.9222	0.9198	0.9174	0.9150	0.9126	0.9102	0.9076
65	0.9162	0.9138	0.9113	0.9088	0.9063	0.9038	0.9013	0.8988	0.8962
70	0.9046	0.9021	0.8996	0.8970	0.8944	0.8917	0.8892	0.8866	0.8839
75	0.8925	0.8899	0.8873	0.8847	0.8820	0.8792	0.8765	0.8738	0.8710
80	0.8798	0.8771	0.8744	0.8716	0.8688	0.8659	0.8631	0.8602	0.8573
85	0.8663	0.8635	0.8606	0.8577	0.8547	0.8517	0.8488	0.8458	0.8427
90	0 8517	0.8486	0.8455	0.8425	0.8395	0.8363	0.8332	0.8300	0.8268

Quant à la question du titrage du mélange d'alcool et leur pesage, relativement aux usages commerciaux et pour la question scientifique, nous ne la traiterons pas ici; nous destinons un chapitre entier à ce qu'on appelle l'alcoométrie, c'est-à-dire de l'étude générale et détaillée de tous les instruments destinés à établir son titre, les rapports des titres des différents pays entre eux, les lois des mélanges et les calculs de rendement et de surforce. Je terminerai ici par une simple étude scientifique sur les procédés employés pour obtenir un alcool à 100 degrés et les moyens de déterminer les moindres traces d'alcool dans un mélange quelconque.

Les procédés de distillation, quelques parfaits qu'ils soient, sont insuffisants pour obtenir directement et sans aucun agent étranger de l'alcool parfaitement anhydre $C^4H^6O^2$. Il faut avoir recours à des agents très avides d'eau.

Quand, à l'aide d'un appareil très perfectionné, vous avez obtenu un alcool titrant de 95 à 97 degrés, à l'alcoomètre Gay-Lussac, vous avez, à peu de choses près, obtenu le maximum de concentration. Pour l'amener à 100 degrés il faut le distiller sur de la chaux vive, et par un tour de main assez simple on y arrive facilement. Il faut seulement prendre certaines précautions, c'est-à-dire ne pas faire votre distillation à feu nu, mais au bain-marie car, arrivé à ce degré, les vapeurs alcooliques s'enflamment facilement et on s'exposerait à de terribles explosions.

A défaut de la chaux vive, si on craint qu'elle ne contienne des sulfures, ce qui arrive souvent et donne un goût déplaisant, on peut employer le carbonate de soude préalablement séché pendant plusieurs heures dans une étuve à 100 degrés; il est alors entièrement privé d'eau.

Pour s'assurer si l'alcool traité comme nous venons de

le dire est parfaitement anhydre ou privé d'eau, on peut employer les procédés suivants :

1° En agitant l'alcool à étudier avec du sulfate de cuivre bien sec, si le sel devient bleu, c'est qu'il y a de l'eau; dans le cas contraire, il reste blanc.

2° Quand on agite de la benzine avec de l'alcool, le liquide se trouble, s'il n'est pas anhydre; car l'eau trouble la benzine, même quand la quantité en est très minime.

3° Berthelot emploie un procédé encore plus sensible et plus sûr, c'est l'addition à l'alcool à essayer d'une certaine quantité d'alcoolate de baryte, $C^4H^6O^2 + 2\ BaO$, préparé par la dissolution de la baryte caustique dans l'alcool absolu. Si l'alcool en essai contient la moindre trace d'eau, il se trouble par cette addition, et il se précipite de l'hydrate de baryte.

Pour l'opération inverse, quand il s'agit de rechercher dans un liquide quelconque s'il y a la moindre trace d'alcool, recherche intéressante au plus haut point dans la distillerie industrielle, pour l'étude des vinasses, nous aurons recours à différents procédés.

Pasteur emploi le procédé suivant : Un signe certain de la présence de l'alcool est donné par l'aspect des premières portions du liquide condensé qui passent à la distillation. Elles se résolvent toujours sous forme de gouttelettes ou stries, où mieux encore de larmes d'aspect huileux, toutes les fois qu'il existe de l'alcool dans le liquide distillé. La distillation doit se faire dans une petite cornue à col assez long engagé dans le tube réfrigérant de Liebig. On porte toute son attention sur les parois du col de la cornue, au moment où l'ébullition commence. Pour peu qu'il y ait dans le liquide un millième de son volume d'alcool, le caractère indiqué des larmes ou des stries se dessine nettement pendant un temps très court,

mais pourtant appréciable. Un dix-millième d'alcool est difficile à constater; pourtant en y apportant du soin et de l'exercice on peut encore y arriver sans incertitude.

En recueillant à chaque distillation le tiers du volume total, et en supposant que la limite d'appréciation s'arrête au millième, on peut accuser facilement après trois distillations, la présence de 1/10000 de 1 centimètre cube d'alcool pour un volume total de 100 centimètres cubes.

M. Savalle a recours à un instrument spécial imaginé par lui et que nous aurons occasion de décrire lorsque nous parlerons des appareils distillatoires de cet habile ingénieur.

Cet appareil, du reste, a été fait dans un but spécial, c'est le contrôle des pertes d'alcool éprouvées dans la distillerie, soit par suite de l'imperfection des appareils, soit par suite des mauvais procédés employés.

Nous aurons à revenir sur ces questions de la recherche de l'alcool dans les liquides fermentés, car, si elle est très délicate, elle a une importance capitale, au point de vue industriel, où on agit quelquefois sur des centièmes qui font le seul bénéfice que peut retirer le négociant d'une opération plus ou moins bien conduite.

Le seul fait de laisser dans les résidus de la distillation quelques parties d'alcool est une cause de perte sérieuse. D'un autre côté, il ne faut pas que les procédés et les instruments employés soient trop scientifiques, car il ne faut jamais perdre de vue qu'on se trouve en présence d'ouvriers, et de contremaîtres, qui, la plupart du temps, manquent de l'instruction nécessaire pour en tirer parti. Nous devrons donc dans les procédés que nous indiquerons, ne conseiller que l'usage d'appareils d'un maniement simple et pratique, mais qui, cependant, donneront des résultats d'une exactitude suffisante.

Les progrès de la science sont tels, que bien des produits, négligés jusqu'à ce jour, sont actuellement utilisés, grâce aux progrès qui se font chaque jour. Nous en aurons la preuve dans la multiplicité des sources de l'alcool que nous indiquerons dans un chapitre spécial.

ALCOOLS DIVERS

Nous venons d'étudier le principal produit de la fermentation des matières saccharines, l'alcool éthylique, mais dans cet acte important les choses ne se passent pas aussi simplement qu'on pourrait le penser. Il est évident que, si on fait agir le ferment sur une solution de sucre absolument pur, on arrivera à obtenir un produit bien déterminé, dont nous trouverons l'équation de fermentation au chapitre traitant de la fermentation, mais là n'est pas le cas industriel. Nous mettons en opération des matières saccharines qui sont loin d'être pures et qui, par conséquent, doivent donner lieu à la production de corps très variés.

Non seulement il se produit de l'alcool éthylique, mais selon les matières saccharines employées, des alcools propyliques, buthyliques, amyliques, caproïques, œnanthyliques, etc., etc., dits alcools supérieurs ou de queue et toute une série d'alcools inférieurs dits de tête, tels que les aldéhydes, les éthers, etc., etc.

Ce sont tous ces corps qui nous occuperons, lorsque nous arriverons à la rectification et qui motiveront, pour leur séparation de l'alcool éthylique, l'emploi d'appareils si compliqués et de procédés si variés, qui ont donné lieu à de nombreux travaux de la part des chimistes les plus éminents.

Il est bon que nous connaissions brièvement ces corps et quelques-unes de leurs propriétés.

L'alcool propylique $C^6H^8O^2$ provient des marcs de

raisin et se trouve dans les eaux-de-vie, de pur vin et de marcs. Chancel l'a isolé, en a déterminé la formule et le point d'ébullition qui est 96°. C'est un alcool dit supérieur.

L'alcool butylique $C^8H^{10}O^2$ provient de la betterave, bout à 112°. Nous devons l'étude de ce corps à Würtz.

Remarquons en passant, que plus la formule d'un alcool s'élève, plus le point d'ébullition suit la progression.

L'alcool amylique $C^{10}H^{12}O^2$, découvert par Scheele, bout à 132°, est extrait de la fécule de pomme de terre.

L'alcool caproïque $C^{12}H^{14}O^2$, étudié par Faguet, bout à 150°, comme l'alcool propylique, il existe dans les marcs de raisin et se retrouve dans les alcools et eaux-de-vie de pur vin.

L'alcool œnanthylique $C^{14}H^{16}O^2$, vient du raisin, mais est encore peu connu; c'est cependant un alcool supérieur.

L'alcool caprylique $C^{16}H^{18}O^2$ bout à 179°. Son étude a été faite principalement par Bouis. Il est peu important à notre point de vue.

C'est de toute cette série d'alcools supérieurs qu'il faudra nous débarrasser dans l'opération de la rectification, car ils sont non seulement toxiques, mais leur goût désagréable met obstacle à l'emploi des alcools d'industrie qui en sont trop chargées.

Nous passerons ensuite à la série des alcools dits inférieurs ou de tête, c'est-à-dire ceux dont le point d'ébullition est inférieur à celui de l'alcool éthylique.

L'aldéhyde éthylique, $C^4H^4O^2$.
Id. propylique, $C^6H^6O^2$.
Id. butylique, $C^8H^8O^2$.

qui forment, en terme de distillerie, les mauvais goûts de tête.

Enfin, nous terminerons par les éthers, qui sont nombreux, mais dont nous ne croyons pas utile de donner les formules et les propriétés, car ils sont facilement éliminés par la rectification.

Nous aurons à revenir longuement sur tous ces alcools en traitant de la rectification. C'est pourquoi nous n'avons pas hésité à donner ces formules peut-être un peu scientifiques, mais qui sont indispensables à bien connaître pour comprendre ce qui suit, et nous en resterons là, de crainte de rendre trop difficile à bien saisir ce que nous disons, désirant rester autant que possible, sur un terrain pratique et à la portée des personnes qui se livrent à cette industrie.

SOURCES DE PROVENANCE DE L'ALCOOL

EN GÉNÉRAL

Les sources de l'alcool sont infinies, car tout corps contenant de l'hydrogène et du carbone peut, par suite de réactions plus ou moins simples, absorber 2 équivalents d'oxigène et se trouver dans un état tel qu'il se transforme en alcool.

Tous les végétaux, répandus sur la surface de la terre, sont, en principe, composés d'un nombre d'équivalents quelconque de carbone, d'hydrogène et d'oxigène, et si on les met dans des conditions spéciales, ils peuvent subir l'acte de la fermentation alcoolique et, par conséquent, donner de l'alcool.

Ils contiennent, presque tous, les premiers éléments qui doivent concourir à la production de l'alcool, c'est-à-dire le sucre, la glucose, les gommes, les fécules, les amidons, la cellulose.

Tous ces principes immédiats sont susceptibles de subir

la fermentation alcoolique, lorsqu'on les met dans des conditions possibles pour que cet acte important de la transformation puisse s'accomplir.

Un grand nombre d'entre eux n'ont besoin que de la présence du ferment pour effectuer cette transformation, tandis que beauconp d'autres doivent subir plusieurs modifications préparatoires qui les rendent susceptibles de cette inversion de leurs éléments.

La glucose, par exemple, étendue d'une certaine proportion d'eau, peut fermenter immédiatement sans autre secours que la présence du ferment. Le sucre de raisin est dans les mêmes conditions, tandis que les sucres de canne et de betterave doivent, avant de fermenter, emprunter aux éléments qui les entourent, un équivalent d'eau, sans quoi ils ne fermenteraient pas.

Tous les sucres de fruits acides, peuvent subir directement la fermentation alcoolique.

Les fécules, les amidons, la cellulose ont, au contraire, besoin de modifications profondes dans leur composition pour se prêter aux réactions nécessaires pour l'accomplissement de cet acte, qui tient à la fois à la chimie et à la physiologie.

La transformation d'une matière végétale en alcool n'est donc pas due entièrement à l'action du ferment sur cette matière, il faut encore qu'elle soit, par une série de réactions chimiques obtenues industriellement, mise dans des conditions favorables au développement des ferments et à leur action. C'est l'étude de ces conditions spéciales de la matière qui fera l'objet de notre chapitre de la saccharification, chapitre de la plus haute importance, puisque cette opération est la base première de toute production alcoolique.

Cependant, sans donner la série des équations chimiques, expliquant la transformation de ces matières en alcool,

nous croyons utile d'en transcrire la liste en général, d'après Basset.

Les principales sources d'alcool sont :

1° Les sucres de canne, de betterave, d'érable, etc., etc. Les mélasses, les jus de canne, de betterave, de carotte de sorgho, de maïs.

2° Les glucoses en général et les jus de presque tous les fruits acides. Le raisin, les pommes, les poires, les figues, les merises, les cerises, les dattes. Les fruits sucrés, tels les melons, le potiron, la citrouille, la pastèque. Les baies de groseilles, de framboises, etc., etc.

3° Les racines féculentes, telles que la pomme de terre, les topinambours, les panais, l'asphodèle, la garance, le dahlia.

Les racines juteuses, les navets, turneps, raves, etc., etc.

4° Les grains et fruits féculents : Froment, seigle, orge, avoine, sarrasin, riz, maïs, millet, sorgho, panis, pois, haricots, lentilles, fèves de marais, féverolles, vesces, châtaignes, glands, marrons d'Inde, etc., etc.

5° La fécule pure.

6° La cellulose dans toutes ses conditions, sciure de bois, paille, coton, papier, linge, feuilles, foin, etc., etc.

7° Le miel.

8° Toutes les boissons fermentées.

Cette longue énumération nous fait rapidement voir que, la plus grande partie des éléments organiques de la nature sont susceptibles de devenir des sources de production d'alcool dans les mains de l'industrie. C'est à elle maintenant de choisir les matériaux qui permettent d'obtenir ce corps au meilleur marché et dans les meilleures conditions. C'est cet art qui a fait l'objet de ce travail un peu long, mais le sujet est si vaste qu'on ne saurait trop s'étendre sur les principes de cette industrie si féconde et qui peut être, à un moment donné, appelée à révolutionner les conditions industrielles du globe.

CHAPITRE II

La saccharification en général. — Saccharification des céréales ; des pommes de terre, de la fécule, du topinambour, du panais, de la garance, des batates ou patates, des ignames, du manioc, du sarrasin, du millet, du sorgho, des pois, des lentilles, des haricots, des fèves de marais, des féveroles, de la vesces, des châtaignes, des marrons d'Inde, des glands, des fruits à huile.

LA SACCHARIFICATION EN GÉNÉRAL

LA SACCHARIFICATION

Le mot saccharification, dans le sens où nous avons à l'employer ici, ne veut pas dire ce qu'au premier abord on pourrait croire, c'est-à-dire, transformation d'une matière quelconque en sucre, mais transformation d'un sucre ou d'une matière quelconque en un corps susceptible de fermenter et par cela de donner de l'alcool.

Ainsi, le sucre de canne et le sucre de betterave ne sont pas susceptibles de fermenter s'ils ne changent eux-mêmes de composition.

Le sucre de canne ; $C^{12}H^{11}O^{11}$, pour pouvoir fermenter, devra se transformer en sucre interverti ou incristallisable,. absorber un équivalent d'eau et devenir $C^{12}H^{12}O^{12}$ ou $C^{12}H^{11}O^{11} + HO$.

C'est l'étude du travail qui consiste à amener les sucres divers et les matières organiques à cet état de corps fermentescible qui fera l'objet de ce que nous appelons la saccharification.

Si on a à saccharifier des sucres cristallisés, pour les rendre susceptibles de fermenter dans les meilleures conditions, il ne suffit pas de les dissoudre dans l'eau et d'amener le sirop à un degré déterminé. L'addition de levure y déterminerait bien la fermentation, mais elle se ferait dans de mauvaises conditions, car le sucre cristallisé, pour fermenter, doit, préalablement, se transformer en sucre interverti, cette transformation se faisant mal, le travail serait languissant et on verrait rapidement survenir la fermentation visqueuse.

Il faut pratiquer industriellement l'inversion du sucre, opération des plus simples. Il suffit d'additionner les sirops, pesant 20 à 25 degrés du pèse sirop de Beaumé, de quelques centièmes d'acide sulfurique ou d'acide chlorhydrique et les porter, pendant un quart d'heure, à l'ébullition, laisser refroidir et ramener au degré voulu, c'est-à-dire 8 à 9, pour que la fermentation se fasse dans de bonnes conditions.

Cette saccharification du sucre cristallisé se fait peu, car l'industriel n'a aucun intérêt à transformer en alcool un produit qui a déjà subit des manipulations coûteuses. Cependant, on peut se trouver en présence de sucres avariés et dans ce cas cette opération devient possible.

Il en est de même des matières susceptibles de fournir de l'alcool dont nous avons donné la nomenclature et qui, toutes, ont besoin de subir de nombreuses transformations avant de pouvoir se prêter à cet acte physiologique qu'on appelle la fermentation. Cette étude doit donc être poussée aussi loin que possible, car elle est la base de notre industrie.

Nous procéderons par chapitre spéciaux où nous avons classé et groupé ensemble tous les produits similaires.

SACCHARIFICATION DES CÉRÉALES

La saccharification des céréales est l'opération qui a pour but de convertir l'amidon quelles contiennent en un principe sucré, qui seul a la propriété de fermenter. Cette transformation s'obtient par un principe actif, naturel, la diastase, qui dissout l'amidon, donne naissance à la dextrine et enfin à un principe sucré.

La diastase se développe dans les céréales au moyen de la germination, et de toutes les céréales c'est l'orge qui, par son prix moindre, se prête le mieux à la fabrication du malt ou orge germée, desséchée et privée de ses radicelles. C'est dans le malt que se trouve la diastase. Sa fabrication se divise en cinq opérations distinctes :

Le mouillage des grains ;
La germination ;
La dessiccation ;
La séparation des radicelles ;
La mouture.

Quoique nous traitions spécialement de la fabrication alcools, nous pensons qu'il est bon et utile de donner ici une description exacte de cette fabrication, un des éléments actifs de la saccharification des céréales et des fécules. Nous allons développer les cinq opérations indiquées plus haut.

Le mouillage. — Le mouillage se pratique dans de des vastes bacs qu'on rempli d'environ 0m75 de hauteur d'eau, puis on y ajoute l'orge, qu'on agite vigoureusement ; il se fait alors un trillage des bons et mauvais grains. Ceux trop légers viennent à la surface et au moyen d'un vaste écumoir on les enlève, ils ne sont pas propres à la fabrication du malt, il faut les écarter avec soin, car plus tard ils peuvent présenter de graves inconvénients. Quand cette première opération est faite, on soutire l'eau qu'on

remplace par de l'eau propre, qu'on renouvelle deux ou trois fois dans le courant du mouillage, qui dure de 24 à 30 heures en hiver, et de 12 à 24 heures en été. On reconnaît, du reste, que le mouillage est suffisant, quand l'orge cède sous l'ongle. La durée est un peu limitée par sa nature. Cela fait, on vide l'eau et on laisse égoutter quatre ou cinq heures.

La germination. — La germination s'opère dans des caves ou celliers dont le sol est dallé ou bitumé et où la température est régulière entre 14 et 17 degrés. L'orge y est disposée en tas de 60 centimètres d'épaisseur. On ferme bien toutes les ouvertures pour que la température ne varie pas, mais on ménage cependant un courant d'air léger, qui favorise l'acte de la germination.

Quand elle commence, ce qui se reconnaît à des protubérances blanchâtres qui se forment près de l'embryon du grain, on étend les tas en couche de 30 à 35 centimètres d'épaisseur, épaisseur qu'on diminue au fur et à mesure qu'elle marche et on l'amène successivement à 11 ou 12 centimètres. On reconnaît que l'opération est terminée lorsque la tigelle qui pousse sous la première écorce de l'orge a atteint la longueur du grain ce qu'on voit facilement au renflement longitudinal qui va d'une extrémité à l'autre.

Elle ne doit pas être poussée trop rapidement, elle doit durer de 7 à 10 jours, selon les saisons. Quand on la précipite trop, un grand nombre de grains ne germent pas convenablement et la diastase n'a pas le temps de se former.

Dessiccation.— Dès qu'on a constaté que la germination est arrivée au point convenable, on l'arrête le plus rapidement possible en étendant le grain, en couche mince, dans des greniers très aérés, puis on l'active par des courants d'air chaud et sec et enfin sur des tourailles, sans

cependant élever la température au delà de 60 à 70 degrés.

Il a été inventé pour la dessiccation des malts une foule de systèmes, mais nous n'en entreprendrons pas la description, cela ressort du travail des malteries et il est bon de consulter les ouvrages spéciaux sur ce sujet.

Séparation des radicelles. — Dès que la dessiccation est terminée, il faut procéder à la séparation des radicelles, ce qui se fait au moyen de cribles à brosses avec tarare et ventilateur. Cette opération doit se faire quand le grain est encore chaud, car alors les radicelles sont friables, si on tardait, elles se ramoliraient très rapidement car elles sont fort hygroscopiques.

Mouture. — Dès que les grains sortent du tarare on peut les moudre pour les employer à la saccharification des farines et fécules, mais si on veut conserver le malt il est préférable de conserver les grains entiers, il se trouve dans de meilleures conditions de garde.

Nous connaissons maintenant les principes généraux de la fabrication du malt, passons à son emploi.

La saccharification des céréales par le malt se fait de plusieurs manières, soit à bras, soit mécaniquement. A bras, l'opération est longue et pénible. On emploie de vastes cuves à double fond, le fond supérieur percé de trous. On commence par verser 6 à 7 hectolitres d'eau à 50 degrés, puis 400 kilogrammes environ de malt. Ce dernier s'imbibe rapidement ; c'est alors que par le faux fond en introduit 35 hectolitres d'eau à 75 ou 80 degrés, on brasse vigoureusement de manière à ce que le mélange soit aussi intime que possible. Pendant cette opération la diastase du malt réagit sur la fécule et la transforme en dextrine puis en glucose, c'est à ce moment qu'on ajoute, par le faux fond, 40 hectolitres d'eau à 80 degrés et qu'on délaie rapidement en agitant vigoureusement et sans

arrêter 1,600 kilogrammes de farine d'une céréale quelconque. Quand le mélange est parfait, on laisse réagir pendant deux ou trois heures, enfin on introduit de nouveau 40 hectolitres d'eau à 50 degrés par le faux fond et on laisse réagir une heure et demie à deux heures.

L'opération de la saccharification de la farine doit être complète, il est bon cependant de s'en assurer et pour cela la chimie nous donne un moyen simple et infaillible. Il suffit de prendre un peu de ce liquide trouble et d'y ajouter quelques gouttes d'une teinture d'iode légère, si en perçoit la moindre coloration bleue, c'est que tout l'amidon n'est pas transformé en glucose. Avec une loupe un peu forte, on mettant une goutte de liquide sur une lame de verre, en peut facilement apprécier les grains de fécule colorés en bleu par l'iode.

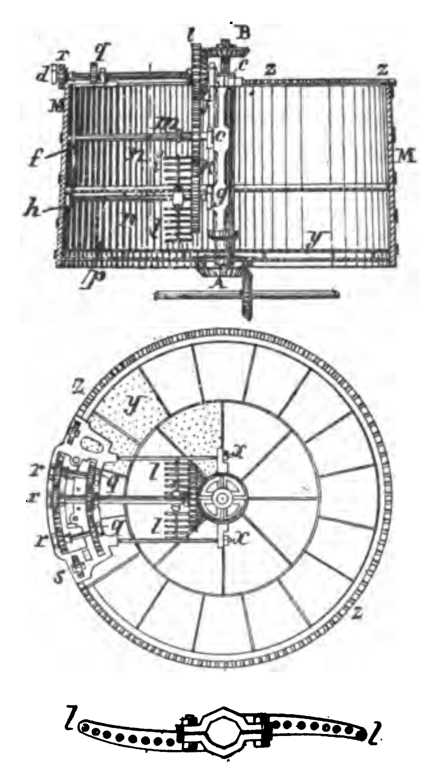


Figure 1.

Mais le travail manuel que nous venons de décrire est trop long et on l'a perfectionné en employant

des cuves mécaniques fort simples et chauffées à la vapeur.

Voici d'après Payen la description d'une cuve mécanique pour saccharification des céréales. (Fig. 1.)

La cuve M est à double fond *y* percé de trous ; un arbre AB, mû par une roue d'engrenage A, transmet le mouvement, par la roue d'engrenage B, à une semblable roue d'angle, à un arbre horizontal *c*, *d*, ; celui-ci transmet le même mouvement rotatoire, par une roue *q*, à deux roues semblables montées sur deux arbres courts dirigés suivant le rayon du cercle. Les trois arbres sont terminés par trois roues *r*, *r*, *r*, engrenant sur le grand cercle denté fixé aux bords de la cuve ; deux poulies *s*, *s*, roulant sur un cercle intérieur fixé à la cuve, soutiennent tout le bâti maintenu par les tiges et les traverses *x*, *x*, sur un collier qui embrasse l'arbre AB. Ce bâti tourne donc autour de la cuve, emportant avec lui un autre bâti descendant dans la cuve et maintenant les deux arbres horizontaux qui reçoivent de l'arbre supérieur, par une roue dentée *i*, le mouvement transmis à leurs roues semblables *j*, *k*.

L'arbre inférieur *g*, *h*, porte trois agitateurs *l*, *n*, *p*, (dont un seul est dessiné en *l*, et les détails *f*, 3). L'arbre au-dessus *e*, *f*, porte trois agitateurs semblables *m*, adaptés à un angle droit. Ce sont ces six agitateurs mûs par les deux arbres horizontaux *e f* et *g h*, qui brassent tout le mélange contenu dans la cuve en se transportant avec le bâti supérieur autour de l'arbre AB.

Quand on emploi ce mode de cuve, l'opération n'est pas conduite comme pour le brassage à la main.

On introduit de suite la totalité de l'eau à employer : 170 à 180 hectolitres à 60 degrés, on délaie le malt, 400 à 450 kilogrammes, puis on ajoute 1,600 kilogrammes de farine qu'on mélange à mesure qu'on l'ajoute. La cuve

doit toujours être en mouvement, la saccharification s'opère alors, comme dans le premier mode, et environ d'eux heures après l'introduction des dernières parties de farine on peut, par un essai, s'assurer si la saccharification est complète. On laisse alors déposer la cuve et, on soutire le liquide clair qui a environ 20 à 25 degrés de température et qu'on dirige directement dans les cuves à fermentation.

Il est encore un troisième mode de saccharifier les céréales par le malt, c'est le plus simple, le plus sûr, et celui que nous recommandons.

C'est en saccharifiant les farines à l'état d'empois ; pour cela, on emploie des cuves à double fond avec ou sans mécanisme agitateur, cela importe peu pour le succès de l'opération, mais ce qui est indispensable c'est un injecteur de vapeur destiné à élever la température de l'eau à volonté. Voici du reste comment on procède. On introduit dans la cuve 180 hectolitres d'eau qu'on chauffe à 60 degrés, on délaie la farine, 1,600 kilogrammes, puis, quand le tout est bien délayé, on porte, pendant une heure, la température à 70 degrés. La fécule est à l'état d'amidon clair, c'est alors qu'on y introduit 400 kilogrammes de malt en poudre fine, qu'on mélange avec soin, et on laisse au repos pendant trois heures environ. La saccharification à ce moment doit être entièrement achevée, on peut, du reste, s'en assurer comme il a été dit plus haut.

Quand le liquide est reposé il a environ 20 à 25 degrés de température et peut être conduit directement dans les cuves à fermentation.

On peut, dans le cas où le liquide ne serait pas assez refroidi, employer des rafraîchissoirs fort simples, en voici la description :

C'est un gros cylindre de 1 mètre de diamètre et de

5 à 6 mètres de long dans lequel sont un plus ou moins grand nombre de petits tuyaux de 2 à 3 centimètres de diamètre qui sont ouverts des deux bouts et donnent dans deux chambres placées aux deux extrémités du cylindre. Le grand cylindre est rempli d'eau froide qui se renouvelle, le liquide à rafraîchir est introduit dans la chambre supérieure il se répand dans les petits tubes et en les parcourant, pour arriver à la chambre inférieure, il arrive refroidi. On peut régler le refroidissement en activant ou ralentissant l'écoulement par la chambre inférieure. Du reste, ce gros cylindre n'est pas placé verticalement mais simplement dans un angle de 25 à 30 degrés, de manière à ce que l'écoulement du liquide ne soit pas trop brusque. Cet appareil fort simple est indispensable dans un travail rapide, où les cuves à saccharifier sont vidées dès que l'opération est terminée, on n'a pas le temps de laisser refroidir, il faudrait un trop grand nombre de cuves et celles munies de mécanismes sont trop coûteuses pour qu'on en augmente inutilement le nombre.

Nous croyons utile de donner la description de différentes méthodes de saccharification anciennes qui ont leur valeur au point de vue agricole et surtout pour les petites usines. Les procédés que nous avons indiqués plus haut s'appliquent principalement à la grande industrie.

Méthode de Mathieu de Dombasle

Le célèbre agronome, pour saccharifier 80 kilogrammes de farine de céréale, les additionnait de 20 kilogrammes de malt et les traitait par 6 à 7 hectolitres d'eau chaude. Il opérait, du reste, presque absolument comme nous l'avons décrit. Depuis lui, on n'a fait que perfectionner les procédés, mais le principe est toujours le même.

Méthode Dubrunfaut

Nous transcrivons textuellement, de son ouvrage, le mode suivant :

« Ce grain étant mélangé dans la proportion de 80 kilogrammes de seigle et 20 de malt, on le réduit en grosse farine, puis on le dépose, avec 2 ou 3 kilogrammes de courte paille ou balle de blé, dans une cuve de fermentation contenant 12 hectolitres ; on les trempe avec 3 hectolitres d'eau à 35 réaumur environ, puis on les fait macérer en y ajoutant 4 hectolitres d'eau bouillante et froide mélangée de manière que la masse mise en repos ait une température de 50 à 55 degrés. On recouvre la cuve et on l'abandonne à elle-même pendant trois ou quatres heures ; après ce temps, en achève de l'emplir jusqu'à 6 ou 7 pouces du bord avec de l'eau froide et chaude mélangée dans une proportion telle, que toute la masse soit à la température de 20 degrés environ. »

C'est ce grain délayé et saccharifié qu'il met de suite en fermentation.

Méthode anglaise (*ancienne*)

C'est encore à l'ouvrage de M. Dubrunfaut que nous empruntons la description de ce procédé :

« Le grain étant mélangé au malt et seigle cru, concassé, comme pour la macération par la méthode française ; des ouvriers déposent, dans la cuve à double fond une couche de courte paille de deux centimètres environ d'épaisseur, soit environ 10 kilogrammes ; ils étendent par-dessus 200 kilogrammes de grains mélangés et concassés.

» Alors ils font arriver, par le conduit latéral qui communique avec l'espace ménagé entre les deux fonds, 400 kilogrammes ou litre d'eau de 35 à 40 degrés de tem-

pérature, pendant qu'un homme ou deux, armés de râbles, sont occupés à brasser fortement : ce brassage dure huit à dix minutes environ, puis ils abandonnent la matière à elle-même pendant un quart d'heure ou une demi-heure, afin qu'elle se pénètre bien d'eau. Cette opération est absolument la même et à le même but que la trempe qui précède la macération de la méthode précédente ; il n'y a là de différence que dans la construction de l'appareil employé. »

Immédiatement après la trempe, les ouvriers reprennent leurs râbles et recommencent à brasser la masse pendant qu'on y fait arriver de nouveau, toujours par le conduit de bois latéral, 800 kilogrammes d'eau bouillante. Le brassage, cette fois, doit durer un quart d'heure environ, puis on laisse en repos pendant 1 heure au moins. A cette époque, le grain, qui se trouve noyé dans l'eau, doit être précipité au fond de la cuve, et être recouvert d'une couche de liquide assez clair. On ouvre un robinet qui communique avec l'espace vide qui se trouve entre les deux fonds ; et comme le fond supérieur forme une espèce de filtre par les trous coniques qu'il porte sur toute sa surface, tout le liquide s'écoule par le robinet, et est reçu au dehors pour être transporté dans les cuves à fermentation.

Cette première extraction faite, les Anglais ajoutent 600 kilogrammes d'eau au grain traité, brassent, laissent reposer et soutirent. Le grain par ce dernier lavage est tout à fait épuisé.

Les Allemands eux, dans leurs distilleries de grains, n'opèrent pas avec le malt, ils font germer tous leurs grains. C'est une sorte de brassage comme pour la fabrication de la bière.

La méthode anglaise donne de fort bons résultats, mais ils ont modifié leur mode de travail depuis quelque temps.



Voici le mélange qu'ils emploient :

Orge d'hiver crue	80
Malt pâle	10
Avoine	10
	100

L'orge et l'avoine sont moulues comme d'habitude, le malt, lui, avec soin. Ils opèrent la saccharification au moyen de cuves mécaniques, comme nous en avons décrit une, et ils emploient une proportion de 600 kilogrammes d'eau pour 100 kilogrammes de farine maltée. Le rafraîchissement du moût au moment de la mise en fermentation se fait sur de vastes bassins en tôle ou au moyen de l'appareil que nous avons décrit.

Les produits anglais sont excellents, même supérieurs aux nôtres, on attribue cela, et nous le croyons à juste titre, à ce qu'ils opèrent sur des masses immenses, et en distillerie, plus on agit sur de grandes masses et avec de grands appareils, meilleurs sont les produits.

En Belgique, la distillerie a été soumise à différentes législations qui ont eu une influence marquée sur cette fabrication. Nous ne nous étendrons pas sur ce sujet, nous renvoyons nos lecteurs au *Traité complet de la fabrication des bières et de la distillation* de M. Lacambre, il traite au long toutes les phases de cette industrie dans son pays.

Actuellement, voici le procédé le plus généralement employé dans ce pays où cette industrie est exercée sur une très vaste échelle :

Ils mélangent 24 à 30 de malt en poids avec 76 à 70 de seigle écrasé finement sous des meules ; le mélange farineux, dans lequel on fait entrer parfois 8 à 12 0/0 d'avoine, est versé dans les cuves à macération, dans la proportion de 11 à 14 kilogrammes par hectolitre de cuve, dont la capacité varie de 10 à 30 hectolitres. Avant

de mettre la farine dans la cuve, qu'on suppose de 10 hectolitres, en y verse 30 à 36 litres d'eau froide et environ 270 litres d'eau bouillante, on y ajoute toute la farine à traiter à la fois 120 à 130 kilogrammes, puis on brasse bien le mélange au moyen de fourquets dans le genre de ceux des brasseurs.

Quand le mélange est bien opéré on ajoute un demi-hectolitre d'eau bouillante, on brasse et on laisse agir le malt en couvrant les cuves. Une demi-heure après on brasse de nouveau et on laisse au repos environ une heure, la réaction est alors terminée et on peut s'assurer que tout l'amidon est transformé en glucose. On rafraîchi et on amène par de l'eau froide ou de la vinasse au degré de concentration propre à une bonne fermentation. On sait que pour que la fermentation des jus sucrés soit complète il ne faut pas que ceux-ci soient trop concentrés.

RENDEMENT ALCOOLIQUE DES GRAINS

100 kilogrammes de	froment	donnent	32	litres alcool à 100°
»	seigle	»	28	»
»	orge	»	25	»
»	avoine	»	22	»
»	sarrasin	»	25	»
»	maïs	»	25	»
»	riz	»	36	»

SACCHARIFICATION DES GRAINS PAR LES ACIDES

La saccharification des grains ne se fait pas seulement au moyen du malt, mais par la réaction des acides sur l'amidon. Cette opération présente cependant quelques difficultés dans la pratique, mais on arrive facilement à les tourner par divers modes d'opérer.

La formule chimique de l'amidon anhydre est $C^{12}H^{9}O^{9}$.

Celle de la dextrine $C^{12}H^{10}O^{10}$ et celle du glucose $C^{12}H^{12}O^{12}$.

On peut saisir de suite l'enchaînement des modifications qui se font sous l'influence, soit de l'acide sulfurique, soit de l'acide chlorhydrique et se rendre un compte exact du rendement de l'amidon, en sucre et par contre en alcool.

$$\underset{\text{Amidon}}{C^{12}H^{9}O^{9}} + \underset{\text{Eau}}{HO} = \underset{\text{Dextrine}}{C^{12}H^{10}O^{10}} + \underset{\text{Eau}}{2HO} = \underset{\text{Glucose}}{C^{12}H^{12}O^{12}}$$

Sous l'influence de ces acides, l'amidon est décomposé, il absorbe un équivalent d'eau et se transforme en dextrine ou amidon soluble, la réaction se continuant toujours sous l'influence des acides, la dextrine, à son tour, absorbe 2 équivalents d'eau et se transforme en glucose. Cela se passe dans les proportions que voici :

Amidon.......	Carbone	900 »»
	Hydrogène	112 95
	Oxigène.............	900 »»
		1.912 95
Plus 1 équivalent d'eau..................		112 55
Egale Dextrine...........................		2.025 50
Plus 2 équivalents d'eau.................		225 »»
Egale Glucose............................		2.250 50

Un équivalent d'amidon anhydre étant 1.912,95 devient sous l'influence des acides un équivalent de glucose qui est 2.250,50, soit 100 d'amidon donnent 111,11 de glucose.

Mais nous opérons sur de l'amidon anhydre, ce qui ne se rencontre pas dans l'industrie, où nous opérons sur de l'amidon sec ou de l'amidon vert.

Dans le premier cas, l'amidon sec contient 5 équivalents

d'eau, soit 562 55, plus l'équivalent d'amidon anhydre 1.912,95, fait que l'équivalent réel de l'amidon sec est de 2.175,5. Comme on n'obtient que 2.250,5 de glucose, le rendement n'est donc que de 90,9 0/0 (ou 135 de sirop à 32 degrés 0/0 d'amidon).

Dans le second cas, l'amidon vert contient 16 équivalents d'eau, soit 1.800,05, plus l'équivalent d'amidon anhydre 1.912,95, soit 3.713 pour l'équivalent d'amidon vert, qui ne donne que 2.250 de glucose ou 60,5 0/0.

Résumons donc.

100 d'amidon anhydre donnent	111,10	de glucose
100 d'amidon sec du commerce	90,09	id.
100 d'amidon vert	60,5	id.

Ces chiffres nous serviront de base dans nos évaluations pour la pratique, on n'y arrivera cependant pas rigoureusement, mais avec un travail bien fait et de bons appareils on s'en rapproche très sensiblement.

Voici du reste, d'après M. Savalle, quelques indications sur les précautions à prendre pour cette saccharification et les doses d'acide et de craie à employer. Ces chiffres sont basés sur de longues expériences pratiques, aussi je les donne avec toute confiance.

1° Il faut que les cuves à saccharification soient établies avec une solidité à toute épreuve.

2° Il faut que le barboteur en plomb qui amène la vapeur de chauffage soit tourné en spirales sur le fond de la cuve, de manière à ne laisser qu'une distance d'environ 20 à 25 centimètres seulement entre les spires, et 15 centimètres seulement entre la spire extérieure et la paroi de la cuve ; que ce barboteur soit percé de trois rangées de trous, dont la somme d'ouverture représente environ le triple de sa section ; ces trous doivent être répartis en trois rangs, dont un sous le tube et les autres de chaque côté.



Si l'on néglige ces précautions pour le barboteur, il en résulte que l'ébullition ne se fait pas d'une manière égale dans toute la cuve, et qu'une partie des grains tombe sur le fond et s'y fixe sans se saccharifier. On a voulu remplacer, mais sans succès, cette disposition par un agitateur.

3° Il faut, avant de charger la cuve, y mettre au moins les 2/3 de l'eau et de l'acide à employer, (10 kilogrammes acide muriatique ou 5 kilogrammes acide sulfurique par 100 kilogrammes de grains), et maintenir ce mélange en ébullition tant que la charge dure.

4° Le chargement dure 1 heure, on ajoute le surplus d'eau et d'acide et on maintient en ébullition pendant 1 heure, puis on modère la vapeur tout en maintenant l'ébullition. La saccharification dure de 8 à 14 heures selon les grains. On s'assure que la réaction est terminée et on dose la glucose par les procédés cuprotartriques de Fehling ou de Viollette.

5° Pour s'assurer si la saccharification est complète, on filtre une petite partie de sirop et on la mélange avec trois fois son volume d'alcool. Tant que le mélange donne un précipité blanc, c'est de la dextrine qui n'est pas encore convertie, si le mélange ne se trouble pas, c'est que l'opération est terminée et on décante dans les cuves à saturer.

6° La saturation se fait au moyen du carbonate de chaux. On en met dans les sirops, de manière à laisser exister dans les fermentations environ six millièmes d'acide muriatique pour les jus riches à 4 et 5 degrés du densimètre. Si le blanc de Meudon est bien pur, bien lavé, il en faudra environ 3 kilog. 1/2 par 100 kilogrammes de grains saccharifiés.

Les sirops saccharifiés sont, après saturation, ramenés à + 20 degrés de température et 4 1/2 à 5 degrés de den-

sité au moyen de l'eau froide. Ils fermentent alors très facilement.

Voici du reste comment se pratique cette opération : Dans une cuve de 125 à 300 hectolitres, munie de son barboteur et de son agitateur, on introduit environ 80 hectolitres d'eau à laquelle on a ajouté la proportion d'acide, 10 kilogrammes d'acide chlorhydrique ou 5 kilogrammes d'acide sulfurique, par 100 kilogrammes d'amidon ou de grains à saccharifier, puis portée à l'ébullition. Quand la masse est à cette température, on délaie l'amidon ou la fécule en mélangeant bien et par petites portions à la fois. Quand toute la masse est bien mélangée, on maintient à l'ébullition pendant 7 à 8 heures, même 14 heures, jusqu'à ce que la saccharification soit complète, ce dont on s'assure par le procédé que nous avons indiqué plus haut, ou par une solution d'iode qui ne doit pas colorer en bleu une goutte du liquide de la cuve.

Quand la saccharification est reconnue terminée,on sature les acides par le carbonate de chaux comme nous l'avons indiqué plus haut, puis on ajoute le reste de l'eau et on laisse refroidir, car avant de mettre en fermentation, le jus ne doit peser que 4 1/2 à 5 degrés et n'avoir que 20 à 22 degrés de température.

Cette opération de saccharification est assez facile à pratiquer, quand on agit sur des amidons, des fécules ou des farines, mais elle présente plus de difficultés, quand on veut opérer sur les grains eux-mêmes. Du reste, voici les quelques précautions à prendre. Pour les grains, généralement, on les met à tremper pendant 10 ou 12 heures, puis on les écrase sous des meules verticales, ce qui les réduit en pâte, facile à délayer dans l'eau chaude, Les farines elles-mêmes sont mises à tremper dans l'eau, cela les amollit et rend la saccharification plus complète et plus pratique.



On procède comme il est dit plus haut pour la saccharification des céréales, du riz, du maïs et de toutes les graines farineuses en général.

Nous ferons seulement observer que le grand inconvénient de la saccharification des céréales et des graines par les acides, c'est d'en rendre les déchets impropres à la nourriture des bestiaux, fait qui n'a pas lieu dans la saccharification par le malt.

Nous terminons cet exposé de la saccharification des céréales par la description d'un procédé nouveau qui semble présenter de grands avantages, nous extrayons d'une brochure, publiée par les inventeurs en 1874, leur manière d'opérer pour les maïs, c'est le travail qui nous intéresse le plus, parce qu'il sert aujourd'hui dans toutes les distilleries de mélasse, pour introduire économiquement dans le travail, la levure et l'acide nécessaire à une bonne fabrication.

SACCHARIFICATION RAPIDE DES GRAINES SOUS PRESSION

M. Colani, professeur à Strasbourg, et Kruger, distillateur à Niort, ont imaginé le procédé suivant qui consiste à opérer sous pression, dans un cylindre en cuivre et à déterminer d'une manière exacte le nombre de calories nécessaires à la saccharification de chaque substance, en opérant à une pression de vapeur donnée et dans un laps de temps déterminé.

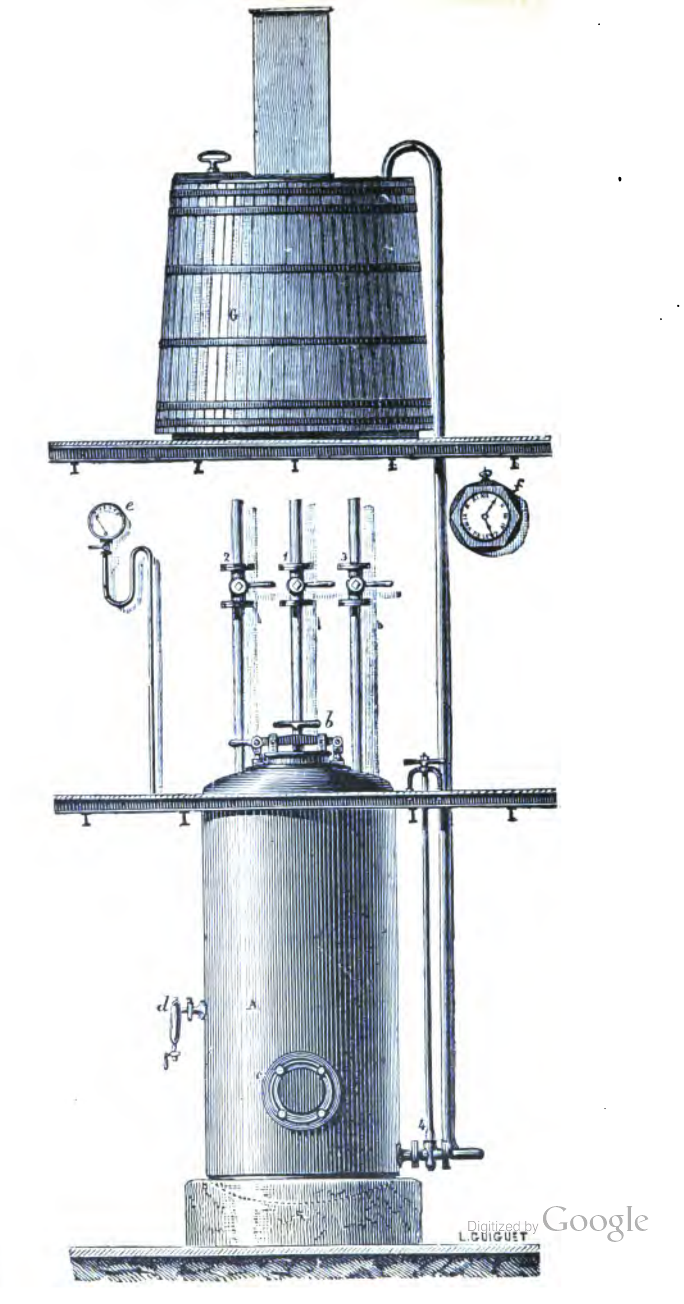
Ils s'expriment ainsi :

Nous cuisions en vase clos, ce vase est en cuivre; disons tout de suite pourquoi nous avons choisi ce métal : l'acide chlorhydrique ou muriatique, le seul dont nous nous servions, n'attaque guère le cuivre en masse et ne l'attaque qu'au contact de l'air ; par l'expulsion de l'air au moyen de la vapeur, nous mettons l'appareil saccharificateur à l'abri de toute action corrosive, ainsi qu'on peut

s'en convaincre en en visitant un fonctionnant depuis quelque temps.

Pour chaque espèce de substances contenant de l'amidon, l'opération exigera une quantité d'eau et d'acide, une pression et une durée quelque peu différentes. Au lieu d'entrer à ce sujet dans d'innombrables détails, nous allons raconter exactement comment nous procédons depuis plusieurs mois avec le maïs, qui est un des grains les plus rebelles à une saccharification complète.

Nous versons d'abord dans notre saccharificateur, qui mesure une capacité d'un mètre cube et demi, 600 litres d'eau coupée de 16 kilogrammes d'acide chlorhydrique, et en même temps nous ouvrons le robinet de vapeur. Dès que les deux tiers de l'eau sont entrés, nous chargeons, par le trou d'homme supérieur 360 kilogrammes de maïs concassé. On ferme le trou d'homme ; on laisse sortir l'air par le robinet purgeur jusqu'à ce qu'il ne passe plus que de la vapeur. On ferme alors le robinet, et le manomètre ne tarde pas à monter. Lorsqu'il marque trois atmosphères (pression normale pour le maïs), on arrête l'introduction de la vapeur de chauffage. Une ou deux fois peut-être pendant l'opération, le manomètre redescend vers 2 1/2 ; il est bon, en ce cas, de rouvrir l'accès à la vapeur durant quelques secondes, ce qui suffit pour rétablir et maintenir la pression normale. Après cinquante minutes de chauffage (à partir de l'instant ou l'on a fermé le trou d'homme), on ouvre le robinet de décharge, et l'appareil devenant un vrai monte-jus, toute la masse liquide s'élève par le tuyau vers la cuve de dépôt, qui est munie d'un couvercle solidement cloué et d'une petite cheminée en bois, pour permettre à la vapeur du liquide de s'échapper librement sans produire d'éclaboussures. Entre le point de départ et le point d'arrivée du tuyau de décharge, il existe une différence de niveau


G
e
f
2
1
3
b
d
A
c
4
L. GUIGUET

de 6 mètres. On pourrait l'augmenter considérablement sans inconvénient. Rien ne reste dans le saccharificateur. Aussi, le faux-fond percé de trous n'a-t-il point pour but de faire fonction de passoir, mais de retenir le grain, pendant l'opération, à une certaine distance du barboteur, afin de distribuer la vapeur uniformément.

La décharge dure quatre minutes, le chargement onze. Avec les cinquante minutes de cuisson, la durée totale de l'opération est donc de soixante-cinq minutes, de sorte que nous faisons habituellement vingt-deux cuites en 24 heures. L'ouvrier attaché au saccharificateur a tout le temps nécessaire pour conduire au moins deux appareils, chargement compris. Il serait donc facile d'établir dans les grandes usines toute une batterie de saccharificateurs, et rien n'empêcherait, d'autre part, de donner au cylindre une dimension double, triple ou même quadruple.

L'économie indiquée par MM. Colani et Kruger est de 38 fr. 50 par 1,000 kilogrammes de maïs traité, de plus, le rendement en alcool est plus considérable, ils sont arrivés à obtenir par 100 kilogrammes de maïs, 35 litres de 3/6 fin. (*figure* 2).

Légende de la Figure 2. — Appareil de MM. Colani et Kruger.

A. Cylindre en cuivre rouge, solidement construit, contenant son double fond perforé.
b. Trou d'homme servant à charger les grains.
c. Trou d'homme pour introduire le double fond.
d. Eprouvette servant à suivre le travail, par la prise d'échantillons de sirop à différentes phases de l'opération.
e. Manomètre indiquant la pression intérieure de l'appareil.
f. Horloge pour observer la durée de l'opération.
G. Cuve en bois, munie d'une cheminée, servant à vider le contenu du saccharificateur, aussitôt la saccharification terminée.
1. Robinet d'arrivée d'eau acidulée.

2. Robinet d'arrivée de vapeur pour le chauffage.
3. Robinet pour purger l'air contenu dans le cylindre.
4. Robinet de vidange, communiquant à la cuve supérieure.

Nous terminerons là la saccharification des céréales, la question nous paraît suffisamment élucidée et ne laisse aucuns points obscures. Cependant pour ce qui touche la petite distillerie agricole, il peut se présenter quelques points obscures qu'il serait trop long de détailler, indiquons seulement comme base d'appréciation, que le rendement dans ces petites usines ne sera jamais ce qu'il est dans les grandes industries. Les causes de pertes y sont infiniment plus nombreuses et les frais plus grands. De plus, l'obligation de travailler avec le malt, pour pouvoir faire consommer les drèches par les animaux, est une cause d'élévation du prix de revient. Il ne faut donc pas prendre pour base les chiffres que nous avons donnés et calculer toujours sur un plus faible.

Cette industrie, du reste, ne s'exerce que sur le seigle pour faire les eaux-de-vie communes qu'on consomme dans le nord.

SACCHARIFICATION DES POMMES DE TERRE
ET DE LA FÉCULE

La saccharification de la fécule par le malt, ou orge malté, se pratique par les mêmes procédés que ceux que nous avons décrits pour les céréales, nous ne reviendrons donc pas sur ce point que nous avons déjà traité longuement, il en est de même pour la saccharification par les acides, il n'y a que les proportions qui changent, car, par la simple ébullition, elle se change en amidon et est très facilement attaquable, on n'emploie que 2 0/0 d'acide. La saturation se fait également par le carbonate de chaux dans les proportions voulues.

La saccharification directe des pommes de terre sans en extraire la fécule se pratique de la manière suivante :

Les pommes de terre sont préalablement lavées avec soin, dans un instrument bien connu, le lave-racines, par cette opération elles sont débarrassées de toutes les impuretés qui pourraient s'y trouver adhérentes. Une partie même de la grosse peau est enlevée, ce qui est bon, car elle n'a aucune utilité dans le travail qui suit, au contraire, elle ne tendrait qu'à développer des goûts qu'on doit éviter. Les pommes de terre, une fois bien lavées, sont introduites dans un cylindre en forte tôle où l'on projette de la vapeur à une pression qui varie entre 2 et 3 atmosphères. La coction s'y opère rapidement et dès qu'on juge qu'elle a pénétré jusqu'au centre des tubercules, on les fait passer entre deux cylindres dentés qui divisent la masse, brisent les cellulles et rendent libre la fécule transformée en une sorte d'empois. Pour faciliter cette opération on fait couler un léger filet d'eau chaude sur les cylindres, il est un détail qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est d'éviter avec le plus grand soin le refroidissement de la masse, car dans ce cas, l'empois se solidifie, devient adhérent aux parois des cylindres et le broyage ne marche plus régulièrement.

La pâte obtenue est immédiatement dirigée dans les cuves à saccharification où elle est additionnée d'environ le double de son volume d'eau chaude. C'est alors qu'on ajoute 6 de malt pour 100 de tubercules, on laisse digérer trois heures après un fort brassage, puis on procède au refroidissement en ajoutant un demi-volume d'eau froide, la masse est prête alors pour la fermentation.

La saccharification peut aussi se faire par le procédé à l'acide, la pâte en sortant du broyeur est traitée comme pour les céréales, seulement la dose d'acide est plus

faible, car l'amidon réduit à l'état d'empois se saccharifie très facilement.

Ce procédé a été longtemps employé et donnait de bons résultats, depuis quelques années il a été modifié de la manière suivante : Les pommes de terre au sortir des laveurs sont passées à la râpe comme si on voulait en extraire la fécule. On y ajoute environ moitié de leur poids d'eau bouillante et on verse le tout dans un appareil à cuire à la vapeur. La cuisson peut se faire, soit en vase clos, soit à l'air libre. La durée de l'opération est de 30 à 45 minutes, on saccharifie alors soit par le malt, soit par l'acide et on refroidi par les procédés connus.

La préférence à donner à l'un ou à l'autre de ces procédés est simplement guidée par la convenance des appareils dont on dispose. A notre point de vue, le râpage présente certains avantages, les tubercules sont plus divisés, la coction se fait plus facilement et la fécule est mieux transformée en amidon, les acides eux-mêmes agissent plus directement et l'ensemble des opérations est moins long, avantage sérieux, au point de vue économique. Il est aussi une observation qu'il est bon de prendre en haute considération, moins on laissera la masse sous l'influence d'une haute température, moins les principes empyraumatiques, qui viennent altérer le goût de l'alcool, se développeront, et par conséquent, plus les produits obtenus seront fins. Nous verrons plus loin, combien est difficile la rectification des alcools de pommes de terre, aussi faut-il s'attacher à produire des flegmes les plus pures possible, pour faciliter les opérations finales.

LE TOPINAMBOUR

Le topinambour (*helianthus tuberosus*) est une plante fourragère, d'origine du Brésil, qui donne des tubercules excellents comme comestibles, sa production est abon-

dante, 27 à 28,000 kilogrammes à l'hectare, les fanes peuvent également être mangées par les bœufs et les vaches. Sa culture n'exige pas de très bonnes terres ni une culture dispendieuse.

Le tubercule du topinambour est très riche en glucose (14,80 0/0 d'après Braconnot) et donne plus d'alcool que la betterave. Les fanes donnent une cendre riche en potasse et qui vaut la peine d'être exploitée. En pratique, on compte généralement que 100 kilogrammes de tubercules donnent 6 à 7 litres d'alcool à 90 degrés, rendement supérieur à celui de la betterave.

Le travail de ces tubercules, pour l'extraction de l'alcool, se pratique de la manière suivante :

Les tubercules sont lavés avec soin au lave-racines, puis réduits en pulpe avec les appareils ordinaires; 100 kilogrammes de pulpe sont traités par cinq hectolitres d'eau et brassés pendant deux ou trois heures avec 10 0/0 d'orge germée en poudre. On laisse reposer, on soutire de manière à séparer le gros dépôt, puis la masse liquide est additionnée de deux hectolitres d'eau bouillante, on brasse et on ajoute 150 grammes d'acide sulfurique étendu de quatre fois son volume d'eau. La saccharification est alors complète et on peut mettre de suite en fermentation.

Ce mode d'opérer est simple, rapide et d'une grande économie.

Nous lui préférons cependant le procédé Colani et Kruger, où une seule opération donne directement le même résultat, mais là vient encore se poser la question de la distillerie agricole, question qui éloigne tous les procédés économiques.

Nous ne terminerons pas ce chapitre, sans manifester le regret que nous avons de voir que l'emploi de ce tuber-

4

cule ne s'est pas plus généralisé. Sa production est cependant très économique, car elle ne demande pas de terres riches, au contraire, les terrains les plus pauvres lui sont bons, et ses frais de culture sont très minimes.

LE PANAIS

Le panais (*partinaca,* famille des ombellifères, tribu des peucédanis) est une plante à racine bulbeuse qui, cultivée, constitue un légume sain et nourrissant, il contient 4 0/0 de fécule et 6,5 de sucre environ.

Sa composition le désignait naturellement à son emploi pour la production de l'alcool, industriellement il donne environ 4 litres d'alcool par 100 kilogrammes de racines. Mais cet alcool a un goût particulier assez caractéristique.

Pour en obtenir l'alcool on le traite comme le topinambour, mais nous croyons qu'il serait préférable d'en opérer la saccharification complète par le procédé à l'acide de MM. Colani et Kruger.

Du reste, ce point est sans importance, car sa production agricole n'est pas assez abondante pour qu'il devienne une branche d'industrie lucrative et générale, et il exige une terre riche et très amandée. Le prix de revient est donc trop élevé.

LA GARANCE

La garance (*garingea tinctoriale* ou *Rubia tinctorum*) est une rubiacée exploitée pour la riche matière colorante qu'elle contient. Mais l'étude de la composition de sa racine, qui est la partie exploitée pour la teinture, a démontré qu'elle contenait du glucose, de la pectine, etc., toutes matières susceptibles d'être saccharifiées et qu'au lieu de jeter les eaux de lavage qui servent à la préparation de la garancine, une des formes sous laquelle se vend

la garance, il y avait profit à la saccharifier et à en retirer l'alcool.

Cette opération se pratique en grand dans le département du Vaucluse, l'alcool de garance y est coté comme celui de vin ou du Nord.

La saccharification se fait d'une manière assez simple. La racine de garance est réduite en poudre aussi fine que possible, puis elle est mise en macération pendant six heures avec de l'acide sulfurique, 0,66 de son poids étendu de deux volumes d'eau, puis également lavée dans des filtres qu'on peut faire en maçonnerie vernissée. Ce sont ces eaux de lavage qui sont traitées par le carbonate de chaux de manière à enlever l'excès d'acide, qui s'opposerait à la fermentation et à n'en laisser que la quantité voulue qui, soumisent à la fermentation, donnent l'alcool de garance. Cette fabrication est toute spéciale aux pays qui la cultivent.

BATATE OU PATATE

La patate ou batate (*convolvulus batatas*) est une plante herbacée, vivace, à racines tuberculeuses elle sert d'aliment dans les colonies et est même très recherchée par sa saveur et ses propriétés nutritives. Comme toutes les racines féculantes elle peut donner de l'alcool en abondance (7,75 0/0 du poids des tubercules).

La saccharification de la patate se pratique exactement par les mêmes procédés que pour la pomme de terre, les éléments à saccharifier étant les mêmes et la nature des tubercules presque semblable. Pour se fixer sur ce travail il suffit de consulter le chapitre spécial à la pomme de terre.

IGNAME

L'igname (*dioscorea*), de la famille des dioscories, a un

grand nombre de variétés, qui sont des herbes vivaces ou des sous-arbrisseaux à racines tubéreuses.

La racine de l'igname est une des ressources alimentaires des pays tropicaux, très riche en fécule, légèrement sucrée, elle est très agréable à manger. Sa composition indiquait son aptitude à la saccharification et à la production de l'alcool, c'est ce que l'industrie n'a pas manqué de faire.

La racine de l'igname, pour la saccharifier, doit subir les mêmes traitements que les pommes de terre, les mêmes appareils et les mêmes procédés sont applicables, il n'y a donc qu'à consulter ce chapitre pour se fixer sur ce genre de fabrication qui peut, dans un temps donné, prendre une grande extension dans nos colonies, où les sources d'alcool sont déjà si nombreuses, mais où, cependant, l'excès de chaleur rend le travail de la saccharification très délicat.

Le grand écueil de cette fabrication est la fermentation tumultueuse, qui exerce une influence fâcheuse sur la somme de rendement et sur la nature des produits obtenus. Les cuves à fermentation doivent être mises dans des endroits frais, de manière à n'avoir pas de température dépassant 30 degrés. Si on ne peut y arriver, il faut avoir recours à un dérivatif, qui consiste à faire passer dans la masse en fermentation un violent courant d'air au moyen de pompes foulantes. Comme cela on évite une trop grande élévation de température dans la masse.

MANIOC

Le manioc ou manihot, plante de la famille des euphorbiacées, tribu des crotonées, est un petit arbrisseau dont la racine est cylindrique, allongée, tuberculeuse, riche en

fécule, mais contenant un lait vénéneux. Pour l'employer, il faut en extraire la fécule qui est très abondante, car 100 de racines de manioc donnent 14 0/0 d'alcool.

Nous n'entrerons pas dans la description de la fabrication de la fécule de Manioc, car ce travail se fait aussi simplement que possible.

Pour fabriquer de l'alcool, la fécule de manioc est traitée par les mêmes procédés que la fécule de pommes de terre pour la saccharification et le reste des opérations n'en diffère pas.

Le traitement direct des tubercules, sans en séparer préalablement la fécule, n'a pas donné jusqu'à ce jour de bons résultats, et on en est revenu à l'ancien mode, c'est-à-dire, séparation de la fécule qu'on traite comme il a été dit plus haut.

Il y aurait cependant économie à agir directement sur le tubercule C'est une étude à faire. Mêmes précautions à prendre que pour l'igname pour les cuves à fermentation.

SARRASIN

Le sarrasin (*Fagopyrum vulgare* ou *Polygonum fagopyrum*) vulgairement appelé blé noir, est une plante annuelle très rustique et cultivée dans une grande partie de l'Europe. Sa farine est très riche en amidon, ce qui la rend très propre à la fabrication de l'alcool. Voici, d'après Basset, son rendement :

Amidon........................	58.40
Dextrine, glucose, congénères.....	5.60
Matières saccharifiables...........	64.»»

Rendement théorique, 32 kilogr. 71.

Rendement pratique, 21 kilogr. 88 ou 27 lit. 18.

Pour la saccharification, on traite cette farine, comme

il a été dit plus haut, pour les farines d'orges, de seigle ou de maïs.

MILLET, SORGHO, PANIS

Les graines de ces trois espèces de plantes sont propres à la production de l'alcool, aussi serait-il bon d'en favoriser la culture pour les employer à l'alcoolisation, leur rendement est considérable. Voici, d'après Basset, la richesse de leurs farines en matières saccharifiables :

Amidon........................	65.70
Dextrine, glucose, congénères.....	6.95
Matières saccharifiables...........	72.65

Rendement théorique, 37 kilogr. 13.
Rendement pratique, 24 kilogr. 75 ou 30 lit. 87.

Leur emploi dans la distillerie est donc un simple calcul agricole, point que nous laisserons de côté, car il sort de notre cadre.

La saccharification de ces farines rentre dans les procédés employés pour toutes les farines féculantes en général.

POIS, LENTILLES, HARICOTS, FÈVES DE MARAIS FÉVEROLES, VESCES

Toutes ces légumineuses, dont la production agricole est soumise à une foule de circonstances, que nous ne pouvons développer ici, donnent des produits riches en fécule parfaitement propres à l'alcoolisation.

La moyenne de leur contenance en fécule est de 30 à 40 0/0 du poids des graines et leur farine contient de 50 à 60 0/0 de fécule. Leur rendement industriel sera donc

de 18 à 20 litres d'alcool par 100 kilogrammes de farine.

Ce sont des chiffres engageants, car le travail est le même que pour les céréales et n'offre pas de grandes difficultés. Il peut se faire, soit directement sur la farine, ce qui est le plus avantageux, soit en pratiquant préalablement l'extraction de la fécule, qui est alors traitée comme la fécule de pommes de terre.

Nous recommandons spécialement la saccharification directe par les acides, procédé Colani et Kuger, le rendement est plus considérable et la main-d'œuvre moins coûteuse. Cependant, il y a toujours une chose à considérer, c'est que les déchets ne sont plus employables pour la nourriture des animaux de l'étable.

CHATAIGNES

L'idée d'appliquer la châtaigne à la production de l'alcool n'est pas nouvelle et est une conséquence naturelle de sa composition. En effet, la châtaigne est non seulement riche en amidon, mais elle contient encore du sucre cristallisable et de la glucose. MM. d'Arcet et Alluau, dès 1812, avaient déjà fait des expériences très sérieuses à ce sujet, et ce sont les châtaignes de Toscane qui avaient donné les résultats les plus complets.

On peut obtenir des châtaignes de 14 à 15 litres d'alcool pour 100 kilogrammes de fruits. Leur richesse en matières saccharifiables le faisait, du reste, pressentir, ainsi qu'on peut le voir par les chiffres suivants que donne Basset :

Amidon....................	25	à	30
Sucre de canne............	12	à	14
Glucose, etc., etc..........	5	à	9
Matières saccharifiables....	42	à	53

Mais la production de la châtaigne, surtout en France, n'est pas assez abondante pour qu'on puisse sérieusement songer à son emploi dans la fabrication industrielle de l'alcool.

La saccharification des châtaignes se pratique comme pour les pommes de terre, cuisson préalable, écrasement et saccharification, soit par les acides, soit par le malt. La seule précaution à prendre est de s'arranger de manière à en enlever la grosse écorce brune, opération qui se pratique facilement quand elles ont été bien desséchées.

MARRONS D'INDE

Le marron d'Inde, fruit de l'*æsculus hippocastanum*, est resté longtemps sans emploi ; quoique sa production ne soit pas très abondante, on a cependant constaté que, si on recueillait tous les fruits qui sont produits par les plantations qui ornent nos grandes et petites villes de France, on pourrait en retirer un profit qui aurait une certaine importance. Le marron d'Inde est assez riche en fécule, et cette fécule, bien préparée, est même fort agréable à manger. Pour ce qui est de son alcoolisation, voici comment il faudrait procéder :

Outre sa fécule, le marron d'Inde contient une huile très forte en goût et qui passe à la distillation, il est donc bon de la séparer du produit saccharifiable.

Les marrons d'Inde, à l'état frais, sont passés à la rape, comme les pommes de terre, et par les mêmes procédés, on en extrait la fécule, qui doit être lavée à grande eau pour la priver des huiles odorantes qui viendraient altérer l'alcool produit.

Cette fécule, soit fraîche, soit sèche, est traitée comme la fécule de pommes de terre, pour la saccharification.

On avait bien proposé de saccharifier directement les marrons réduits en pulpe par la rape, ou simplement bouillis et écrasés, mais l'abondance des huiles qu'ils contiennent ne permet pas cette pratique, car, comme je l'ai déjà dit, l'alcool produit est infecte. Le procédé de l'extraction de la fécule et sa saccharification est celui qui donne les meilleurs résultats, car il fournit un alcool parfaitement neutre.

LE GLAND

Le gland, fruit du chêne, forme deux variétés, le gland amer, celui du chêne vulgaire, et le gland doux.

Le premier est le plus abondant ; en effet, une partie de la France et de l'Europe, est couverte de forêts de chênes, dont les fruits sont imparfaitement récoltés et employés seulement à l'engraissement des porcs. Il y a là une source d'alcool très abondante, mais variable, à vrai dire, car leur production est assez irrégulière. Cependant, ce petit fruit est souvent si abondant, qu'il y aurait un intérêt industriel sérieux à l'employer à la production d'alcool d'industrie, surtout lorsque les alcools communs sont d'un prix élevé.

Les glands donnent pour 100 kilogrammes de 18 à 22 kilogrammes de fécule, ce qui représente de 6 à 7 litres d'alcool.

L'extraction de cette fécule pourrait se pratiquer facilement, comme pour la pomme de terre, et se saccharifier par les mêmes procédés. Mais nous pensons qu'il y aurait intérêt à opérer le travail de la manière suivante :

Les glands récoltés à l'automne seraient séchés et emmagasinés, puis, lorsque les distilleries de betterave ou de mélasse auraient fini leur travail, qui n'a qu'une saison, ces glands secs seraient réduits en farine assez fine, enfin

on la traiterait parle procédé Colani et Kuger, par l'acide, en vase clos. On aurait des jus qui seraient d'une fermentation facile. L'alcool serait défectueux de goût, mais le prix de revient serait moindre, et trouverait son emploi comme les alcools métyliques et autres, très recherchés par l'industrie à cause de son prix modique.

Nous croyons donc ne pas trop insister sur l'utilisation de ce fruit pour l'alcoolisation, car il faut rechercher avec le plus grand soin l'emploi de toutes les ressources que la nature met à notre disposition.

Il y a des années où la production du gland dans nos forêts peut se traduire par des centaines de mille d'hectolitres, qui sont, pour ainsi dire, entièrement perdus. C'est une étude toute entière à faire et qui, au moment du chômage, pourrait procurer de l'ouvrage à des milliers de bras.

Aucunes difficultés ne viennent s'élever contre cette exploitation, aussi la livrons-nous en toute confiance aux industriels actifs et intelligents qui cherchent à utiliser toutes les productions de la nature.

FRUITS A HUILE

Il y a une grande quantité de fruits qui ne sont récoltés que pour en extraire l'huile employée soit comme comestibles, soit pour la saponification, soit pour les machines.

Une fois l'huile extraite, il reste ce qu'on appelle vulgairement le tourteau. C'est dans ce tourteau que nous trouvons encore de nouvelles sources d'alcool, car la plus grande partie contient non seulement de l'amidon, mais encore de la glucose et de la dextrine, toutes matières susceptibles de saccharification.

La seule raison industrielle qui fait qu'on n'a pas cher-

ché à les employer pour la distillation, c'est que le tourteau se vend un prix assez élevé à l'agriculture, qui le recherche avec empressement, puis son faible rendement comme alcool.

Nous ne pouvions pas, cependant, ne pas le mentionner dans un traité d'alcoolisation générale, car nous devons étudier toutes les sources que nous présente la nature.

Nous ne faisons qu'indiquer ce point, mais nous en prenons acte, car là encore, au besoin, l'industrie pourrait trouver un nouvel aliment à son activité.

Nous n'avons pas la prétention d'avoir indiqué toutes les sources où on peut trouver une production d'alcool, nous avons simplement donné les grandes lignes qui permettent d'étudier cette industrie ; en effet, combien de plantes tuberculeuses et autres existent, qui sont susceptibles de subir ce travail et de donner de bons produits ; mais nous devons nous placer, avant tout, au point de vue pratique, et ne nous arrêter qu'aux éléments premiers que l'agriculture peut nous livrer à bon marché ; le prix de l'alcool étant si faible, que si la matière première est trop cher, il n'y aucun profit pour le distillateur à l'employer.

Nous terminons donc là l'étude des matières premières, susceptibles de donner de l'alcool possible, industriellement.

CHAPITRE III

La fermentation alcoolique en général. — Fermentations autres que la fermentation alcoolique. — Étude et qualité de la levure

DE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE EN GÉNÉRAL

LA FERMENTATION

La fermentation est un phénomène physiologique et non une réaction chimique, comme l'ont prétendu certains auteurs ; elle est l'action, diversement expliquée, d'un organisme microscopique, appelé ferment, sur le sucre interverti.

Les auteurs anciens ont émis des théories excessivement variées sur ce phénomène, mais sans jamais sortir des hypothèses, car les moyens d'investigations dont ils disposaient ne leur permettaient pas de pousser plus loin leurs recherches. Le phénomène lui-même était connu et observé et les auteurs de l'antiquité en font mention, mais en donnant toujours à leurs explications une tournure mystique qui n'avait rien de sérieux. Ce n'est guère qu'en 1680 que Leuwenhœck, grâce à son microscope, parvint à déterminer la nature du ferment et à le classer parmi les végétaux. C'était un grand progrès, mais qui resta longtemps noyé dans les théories, si irrégulières, qui étaient à cette époque maîtresses de la science.

C'est Lavoisier qui, le premier, éclaircit définitivement

ce phénomène ; voici comment il s'exprime au sujet de la fermentation vineuse ou alcoolique :

« Les effets de la fermentation vineuse se réduisent donc à séparer en deux portions le sucre, qui est un oxyde ; à oxygéner l'une aux dépens de l'autre, pour en former de l'acide carbonique ; à désoxygéner l'autre en faveur de la première, pour en former une substance combustible, qui est l'alcool ; en sorte que, s'il était possible de recombiner ces deux substances, l'alcool et l'acide carbonique, on reformerait du sucre. Il est à remarquer, au surplus, que l'hydrogène et le carbone ne sont pas à l'état d'huile dans l'alcool ; ils sont combinés avec une portion d'oxygène qui les rend missibles dans l'eau. Les trois principes, l'oxygène, l'hydrogène et le carbone, sont donc ici dans un espèce d'état d'équilibre ; et, en effet, en les faisant passer à travers un tube de verre ou de porcelaine rougi au feu, on les recombine deux à deux ; et on retrouve de l'eau, de l'hydrogène, de l'acide carbonique et du carbone. »

Le grand chimiste avait démontré les effets de la fermentation ; il donna même une équation assez juste des résultats obtenus.

Déjà, avant lui, Macquer avait expliqué d'une manière assez claire ce qu'il entendait par fermentation ; il s'exprimait ainsi dans ses *Éléments de chimie théorique,* publiés en 1749 :

« On entend par fermentation un mouvement intestin
» qui s'excite de lui-même entre les parties insensibles
» d'un corps, duquel résulte un nouvel arrangement et
» une nouvelle combinaison de ces mêmes parties. »

Quant à la fermentation vineuse, il est plus explicite et il exprime ainsi son opinion sur la transformation du moût en vin :

« Si on expose le moût, dans des vases qui ne soient

» pas exactement fermés, à un degré de chaleur modéré,
» au bout de quelque temps, il commence à devenir
» trouble ; il s'excite insensiblement un petit mouvement
» dans ses parties qui occasionne un certain sifflement ;
» cela augmente peu à peu jusqu'au point qu'on voit les
» parties grossières qu'il contient comme les pépins ou
» les grains, s'agiter, se mouvoir en différents sens et
» être rejetés à la superficie. Il se dégage en même
» temps quelques bulles d'air et la liqueur acquiert une
» odeur piquante et pénétrante, occasionnée par des va-
» peurs très subtiles qui s'en exhalent.

» Personne, jusqu'à présent, n'a rassemblé ces vapeurs
» pour en examiner la nature ; elles ne sont guère con-
» nues que par leurs effets malfaisants. »

Le principe de la fermentation alcoolique est donc un fait acquis à la science de cette époque. Mais Fabroni, en 1799, pousse plus loin ses théories ; il compare la levure au gluten ; la matière qui décompose le sucre, dit-il, est une substance végéto-animale ; elle siège dans des utricules particulières, dans le raisin comme dans le blé.

Foucroy, combat les idées de Fabroni à cette époqne ; mais, sans s'en douter, il confirme celles du savant micrographe italien. Seulement, lui, il classe plusieurs sortes de fermentations, et cela avec juste raison.

En 1803, Thénard pose les principes suivants :

1° Que la levure ou ferment est une matière azotée, donnant beaucoup d'ammoniaque à la distillation ;

2° Que la levure ou ferment perd son azote pendant l'acte de la fermentation et finit par se transformer en produits solubles.

Plus tard, en 1815, il s'exprime ainsi :

« La fermentation est un mouvement spontané qui
» s'excite dans les corps et qui donne naissance à des
» produits qui n'y existaient pas. »

Lavoisier avait déjà posé une équation assez exacte des résultats de la fermentation ; ses données étaient encore assez vagues, quoique ses expériences soient, pour l'époque, d'une remarquable exactitude ; mais Gay-Lussac, ce chimiste mathématicien, si rigoureux dans ses formules, donne une nouvelle équation de la fermentation. Il conclut que 100 de sucre donnent :

Acide carbonique............	48.66
Alcool......................	51.34
	100. »

Malheureusement, pas plus que la formule de Lavoisier, celle de Gay-Lussac n'était juste et cela par la raison bien simple, c'est que ces savants ignoraient que le sucre cristallisable avec lequel ils faisaient leurs expériences ne pouvait pas fermenter sans changer de composition. En effet, on sait que, pour fermenter, le sucre cristallisable doit absorber un équivalent d'eau, comme l'indique la formule :

$C^{12}H^{11}O^{11}$	+	HO	=	$C^{12}H^{12}O^{12}$
Sucré cristallisable		Eau		Sucre incristallisable et fermentescible

C'est cette absorption d'un équivalent d'eau qui a été cause de toutes les erreurs commises dans les calculs de rendement du sucre en alcool et en acide carbonique Car le résultat de la fermentation n'est pas seulement de l'alcool et de l'acide carbonique, mais encore d'autres corps.

Les derniers travaux faits sur la fermentation sont assez avancés pour qu'actuellement on se rende un compte exact des produits obtenus et, sans vouloir donner la série des expériences faites pour arriver à ce résultat, il n'est pas inutile de connaître ces composés :

100 parties de sucre de canne, pour fermenter se



transforment en glucose ou sucre incristallisable, soit 105.36 en poids et donnent après fermentation :

Alcool	51.11
Acide carbonique	48.89
Acide succinique	0.67
Glycérine	3.16
Cellulose, graisse et extractif	1.53
	105.36

Tandis que si on calcule, comme cela doit se faire, ce que 100 parties de sucre incristallisable ou glucose donnent réellement pour avoir la vraie formule chimique, on a :

Acide carbonique	46.67
Alcool	48.46
Glycérine	3.23
Acide succinique	0,61
Matières cédées au ferment	1.03
	100. »

C'est cette différence de calculs qui a si longtemps divisé les savants et qui, pour nous, dans notre travail d'alcoolisation, jouera un grand rôle.

Mais, revenons à la question des principes de la fermentation et des explications qu'on peut en tirer ; car, quoiqu'on connaisse actuellement parfaitement ses résultats, on est loin d'être d'accord sur la manière dont se passe le phénomène.

Est-ce une réaction spontanée, est-ce le résultat d'une dialétique exercée par le ferment, nous ne trancherons pas la question, la seule satisfaction que nous puissions donner à la solution de cette question est de citer l'opinion de l'éminent professeur de la Faculté de médecine, M. Wurtz, qui s'exprime ainsi dans son *Dictionnaire de chimie* :

« Une fermentation est une réaction chimique dans la-
» quelle un composé organique (la matière fermentes-
» cible) se modifie, dans un sens déterminé, sous l'influence
» d'un autre composé organique (le ferment), qui ne
» fournit rien de sa propre substance aux produits de la
» réaction, ceux-ci étant formés uniquement aux dépens
» de la matière fermentescible. Il en résulte qu'une quan-
» tité relativement très petite de ferment peut opérer la
» transformation d'une quantité considérable du pre-
» mier corps. »

C'est donc la théorie de l'action de présence qui domine et tous les travaux des savants sont, à peu de chose près, d'accord sur ce produit.

La nature de la fermentation dépend donc du milieu dans lequel elle se produit et de la nature du ferment.

Le ferment est un être de nature organique, mais encore organisé ; c'est un végétal et c'est à l'accomplissement de ses fonctions physiologiques que l'on doit attribuer les modifications qu'il fait éprouver à la matière fermentescible.

Il y a plusieurs fermentations autres que la fermentation alcoolique qui nous occupe spécialement, il est bon de les étudier.

Ainsi, l'action de la diastase sur l'amidon est considérée comme une fermentation. Il y a encore les fermentations putrides, visqueuses, acétiques, etc., qui sont autant de phénomènes qu'il faudra éviter avec soin dans l'alcoolisation, car elles se produisent tous aux dépens du sucre et diminuent d'autant le rendement en alcool.

LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

La fermentation alcoolique est l'acte par lequel le sucre incristallisable $C^{12}H^{12}O^{12}$, sous l'influence d'un ferment,

se transforme en alcool, en acide carbonique, en glycérine, et en acide succinique, selon l'équation suivante :

100 parties de sucre incristallisable, $C^{12}H^{12}O^{12}$, donnent :

Acide carbonique............	46.67
Alcool.......................	48.46
Glycérine....................	3.23
Acide succinique.............	0.61
Matières cédées au ferment....	1.03
	100. »

Ces chiffres nous serviront de base pour tous nos calculs d'alcoolisation.

Mais nous n'aurons pas toujours à doser du sucre interverti ou incristallisable ; nous aurons souvent affaire à des sucres cristallisables, il est bon de connaître également l'équation de décomposition de ce sucre, $C^{12}H^{11}O^{11}$, qui, pour fermenter, absorbe un équivalent d'eau et devient $C^{12}H^{12}O^{12}$.

Soit : $\underset{\text{Sucre de canne.}}{C^{12}H^{11}O^{11}} + \underset{\text{Eau.}}{HO} = \underset{\text{Sucre interverti.}}{C^{12}H^{12}O^{12}}$

En chiffres, donne :

$$\underset{171}{C^{12}H^{11}O^{11}} + \underset{9}{HO} = \underset{180}{C^{12}H^{12}O^{12}}$$

D'où, $171 : 180 :: 100 : x. \quad x = 105$

100 parties de sucre de canne après inversion et fermentation donneront donc :

Alcool.......................	51.11
Acide carbonique....	48.89
Acide succinique.............	0.67
Glycérine....................	3.16
Extractif....................	1.53
	105.36

C'est cet excédent de rendement qui causa l'erreur de Gay-Lussac quand il fit son équation de la fermentation, car il prit le sucre de canne comme base, tandis qu'il aurait dû prendre le sucre interverti, qui seul doit servir n'ayant rien à emprunter pour fermenter.

Ces connaissances sont suffisantes pour exécuter tous les calculs nécessaires à la conversion des matières sucrées en alcool, seul point qui nous intéresse.

Comme nous l'avons dit plus haut, la nature du ferment exerce une influence marquée sur la nature des produits obtenus. Ainsi une fermentation de sucre obtenue par la levure de bière ne donne pas les mêmes résultats que ceux fournis par la levure elliptique provenant de lies de vin.

MM. Ed. Claudon et Ch. Morin ont publié dernièrement un travail sur le rendement obtenu par la fermentation de 100 kilogrammes de sucre, au moyen de la levure elliptique de lies de vin blanc. Voici les résultats curieux qu'ils ont obtenus :

Aldéhyde	Traces.		
Alcool éthylique..........	50615	»	grammes.
Alcool propylique normal..	2	»	—
Alcool isobutylique,......	1	5	—
Alcool amylique..........	51	»	—
Ether œnanthyque........	2	»	—
Isobutylène-glycol........	158	»	—
Glycérine................	2,120	»	—
Acide acétique............	205	»	—
Acide succinique..........	452	»	—

Les alcools supérieurs n'y figurent donc que pour 1 millième environ de l'alcool éthylique. L'alcool amylique représente presque seul les alcools supérieurs.

Ces quelques rectifications pourront être d'une cer-

taine utilité lorsque nous étudierons la composition des flegmes du commerce et leur rectification. Pour le moment, qu'il nous suffise de savoir, que la nature du ferment, et le milieu dans lequel s'opère la réaction ont une influence marquée sur la nature des produits obtenus.

Il ne sera donc pas indifférent, dans les opérations industrielles, d'employer telle ou telle levure, ni de ne pas tenir compte du milieu où se passe la réaction. Ces questions, fort complexes, sont entièrement du domaine de la science transcendante, aussi ne chercherons-nous pas à les développer outre mesure ici, il suffit d'en avoir l'indication pour pouvoir se rendre compte de certains phénomènes non expliqués encore dans la pratique, et qui, un jour, viendront y prendre leur place.

Autant que possible, dans ce travail, nous éviterons d'aborder les points trop scientifiques, mais nous les signalerons simplement pour guider les chercheurs qui voudraient les étudier à fond.

FERMENTATIONS AUTRES QUE LA FERMENTATION ALCOOLIQUE

La fermentation alcoolique n'est pas la seule qui peut se produire dans les cuves à fermentation chez le fabricant d'alcool d'industrie, et le but principal de cet ouvrage, c'est de prévoir et de prévenir tous les faits qui peuvent survenir. Outre la fermentation vineuse ou alcoolique, il peut se produire :

La fermentation acéteuse ou vinaigre ;
La fermentation putride ;
La fermentation visqueuse ;
La fermentation lactique ;
La fermentation butyrique.

Etudions tous ces phénomènes si contraires à la marche d'une bonne fabrication industrielle.

LA FERMENTATION ACÉTEUSE

La fermentation acétique se produit sous l'influence d'un ferment spécial appelé *mycoderma aceti*. La transformation du sucre en acide acétique ne se fait pas directement ; il se produit d'abord de l'alcool qui, sous l'influence de ce végétal infiniment petit, s'oxyde et se convertit en acide acétique. L'équation suivante donne la formule de cette variation :

$C^4H^6O^2$	$+$	O^2	$=$	$C^4H^4O^4$	$+$	H^2
Alcool.		Oxygène.		Acide acétique.		Hydrogène.

Dans cette modification, sous l'influence du ferment spécial, l'alcool absorbe deux équivalents d'oxygène qui viennent remplacer les deux équivalents d'hydrogène.

En vertu de quelles lois cet échange se fait-il ? Il est assez difficile de le dire ; on se contente de constater le fait. Du reste, ce dédoublement de l'alcool ne peut se produire que dans certaines circonstances, en présence de matières albuminoïdes, de l'air et du ferment spécial que nous avons indiqué.

Ce qui nous amène à dire que, dans les fermentations industrielles, il faut éloigner des cuves les matières albuminoïdes et les préserver du contact de l'air qui, comme on le sait, n'est pas nécessaire à l'accomplissement de l'acte de la fermentation alcoolique, ainsi que le prouve la production de la mousse dans les vins de Champagne, qui fermentent dans des bouteilles parfaitement bouchées et couchées. Nous aurons à revenir, du reste, sur cet accident des cuves à alcoolisation.



FERMENTATION PUTRIDE

La fermentation putride est un accident qui se produit dans les cuves qui, après avoir subi la fermentation alcoolique, puis la fermentation acétique, se trouvent encore, pendant un certain laps de temps, exposées au contact d'un air chaud et humide. Les éléments azotés et végétaux en suspension dans la masse liquide entrent en décomposition, se désagrègent et prennent des formes toutes nouvelles. La plupart deviennent gazeux et leur composition change tout à fait de forme. La grande question est de savoir si cette modification de la matière albuminoïde et de la matière purement végétale est due à la présence d'un nouveau ferment qui exercerait sur ces corps la même action de dédoublement que les mycodermes exercent sur le sucre et sur l'alcool. Les travaux des savants ne sont point encore assez avancés pour expliquer d'une manière suffisamment claire ce point obscur. La seule chose que nous avons pu observer dans les moûts en putréfaction, c'est la présence d'une foule de mycelium ; mais sont-ils la cause de putréfaction ? C'est ce que nous ne savons pas et ce que nos expériences personnelles ne nous ont pas encore permis d'affirmer.

La pourriture se présente sous tant de formes, qu'il est assez difficile de se faire une idée bien exacte de ce phénomène. On se contente de le constater et de l'éviter par des soins extrêmes de propreté, seule et unique moyen que nous puissions recommander pour s'en préserver.

FERMENTATION VISQUEUSE

La fermentation visqueuse, elle, quoi qu'en disent certains auteurs, est plus connue que la pourriture. On connaît ses causes. Elles sont dues à la présence d'orga-

nismes infiniment petits, groupés en forme de chapelets, qui donne au liquide l'aspect huileux.

Ainsi, les vins gras sont produits par la présence d'une grande abondance de ces êtres, qui sont de la même famille que les mycodermes, mais infiniment plus petits et soudés en forme de chapelets.

Les observations de M. Pasteur ne laissent aucun doute à ce sujet, car on peut reproduire cette fermentation à volonté dans un milieu sucré en y semant des germes de ce mycoderme.

Cet accident, du reste, n'est pas très à redouter dans l'industrie qui nous occupe, il suffit d'élever la température des jus, de les laisser reposer, puis d'ajouter de bonne levure pour éviter que l'accident se produise.

Du reste, ce que souvent on prend pour une fermentation visqueuse, n'est souvent qu'une grande abondance dans les jus de pectine et d'acide pectrique, qui donne au liquide une forme graisseuse. Il suffit de traiter ces jus par la chaux vive pour empêcher cet accident de ce produire. Ce n'est, du reste, que rarement que ce phénomène se présente, et nous ne le mentionnons que pour mémoire.

On peut encore, et cela est préférable, additionner les jus de 4 à 8 grammes de tannin par hectolitre de jus. C'est le procédé employé pour les vins ; il est infaillible.

FERMENTATION LACTIQUE

L'acide lactique $C^6H^6C^6$ a la même formule, divisée par 2, que le sucre fermentescible $C^{12}H^{12}O^{12}$. La fermentation de cet acide, dans un jus sucré, est donc parfaitement justiciable. Du reste, cet acide se produit dans les



moûts, sous l'influence d'un mycoderme spéciale en présence des matières albuminoïdes et azotées.

Il est assez rare et facile à éviter. Il suffit, ou de porter les jus à l'ébullition avant l'addition de la levure, ou de les traiter par le tannin.

FERMENTATION BUTYRIQUE

Dans une cuve, sous l'influence de la fermentation lactique, si on n'y apporte pas un remède, il se produit immédiatement un nouveau phénomène, c'est la production de l'acide butyrique, production due à un nouveau mycoderme qui prend naissance dans certaines conditions et dont l'action est facilement expliquée par l'équation suivante :

$$\underset{\text{Sucre fermentescible}}{C^{12}H^{12}O^{12}} = \underset{\text{Acide butyrique}}{C^{8}H^{7}O^{3},HO} + \underset{\text{Acide carbonique}}{4CO^{2}} + \underset{\text{Hydrogène}}{H^{4}}$$

En effet, quand la fermentation butyrique se produit, il y a dégagement d'acide carbonique comme dans la fermentation alcoolique, ce qui peut tromper sur la nature du phénomène qui se passe dans les cuves.

Mais ces accidents peuvent être facilement évités, car avant de se produire, les jus passent généralement par les phases suivantes : transformation visqueuse, fermentation lactique, puis fermentation butyrique.

Ces trois phénomènes sont dus à la présence des matières albuminoïdes et azotées. Nous avons vu qu'avec la chaleur et le tannin nous pouvons y remédier. Donc il est inutile d'insister plus longtemps sur ces faits.

LEVURE ET LEVAINS

(Etude des ferments)

La levure est une matière plastique qu'on rencontre dans les moûts de raisin et de bière pendant qu'ils fermentent. C'est un produit organisé appartenant au règne végétal et qu'on classe parmi les cryptogames. La venue de ce petit individu, organisé, est-elle spontanée ou provient-elle d'un ensemencement, telle est le sujet de la grande division des hétérogénistes et des vitalistes. Nous n'entreprendrons pas la relation de toutes les discussions auxquelles ces deux théories ont donné lieu. Nous nous bornerons simplement à constater ce fait, c'est que la levure de bière, la seule qui nous occupera, se recueille dans les fûts à fermentation qui servent à fabriquer la bière. Elle se dépose au fond et est recueillie avec le plus grand soin, car elle sert à actionner les opérations suivantes. Dans notre industrie, c'est avec son secours qu'on met les cuves en travail.

C'est Leuwenhœck qui, au dix-septième siècle, l'observa le premier, et en 1835, Cagnand-Latour et Schwann la classèrent et lui donnèrent le nom de mycoderma cerevisæ, mycoderma vini, etc., selon sa provenance. Pour nous, ce mycoderme est unique de race, et il ne prend d'autres formes que suivant les milieux et les conditions dans lesquelles il se trouve. C'est par sa présence et sous son influence que se fait le dédoublement du sucre interverti en alcool, acide carbonique, etc. C'est donc le grand agent de l'alcoolisation.

Sa forme est ovoïde, son enveloppe est élastique, transparante, l'intérieur liquide, et avec un puissant grossissement microscopique on distingue les points noirs qui se meuvent dans ce liquide. Ses dimensions sont extrême-

ment variables depuis un demi-millième de millimètre jusqu'à un centième. Il se reproduit par bourgeonnement et avec une extrême rapidité.

Sa composition chimique est, suivant Payen :

Matières azotées renfermant des traces de soufre	62.7
Cellulose et autres substances congénères non azotées	29.4
Substances grasses	2.1
Matières minérales, sels calcaires et alcalines comprenant des phosphates de magnésie, de chaux, de silice	5.8
	100 »

D'après Regnault :

Carbone	47 »
Hydrogène	6 60
Oxygène, environ	35 »
Azote	10 »

Puis des traces de soufre, de phosphore, de la potasse, de la chaux, etc.

La levure est d'une conservation assez délicate. Pressée légèrement et mise à l'état de pâte, elle peut se conserver quelque temps, mais pas assez pour être transportée au loin. On a bien essayé de la presser, puis de la dessécher rapidement dans un courant d'air sec et froid, mais elle perd alors une partie de ses propriétés, et il faut en employer une bien plus grande quantité pour obtenir le même effet que quand elle est fraîche, c'est une grosse question qui a beaucoup fait chercher.

On a bien proposé de l'amalgamer avec une assez forte proportion de mélasse, de manière à former une pâte compacte qui ne sèche pas ; mais sous l'influence d'une chaleur de vingt-cinq à trente degrés, il se produit

des fermentations partiels. Ce procédé laisse donc encore beaucoup à désirer.

Nous aurons, du reste, à revenir sur ce point, quand nous étudierons la qualité de la bière.

QUALITÉ DE LA LEVURE

La meilleure levure, dit M. Payen est celle qui, dans les brasseries, vient surnager durant la deuxième fermentation. Ces moûts houblonnés, en fermentation, projettent en dehors des fûts une écume épaisse, qui est la levure de seconde fermentation. Elle est recueillie dans des canivaux à l'état de bouillie épaisse.

Malheureusement, les brasseurs ne la laissent pas à cet état ; ils la compriment dans des sacs en toile et en forment une masse compacte facile à rompre, d'une teinte grisâtre pâle et exhalant une odeur de houblon, d'alcool et d'acide. Il est extrêmement difficile de la délayer dans l'eau, à cause des propriétés adhésives de ses globules. Elle se dessèche rapidement et s'altère vite sous l'influence de la chaleur. Il faut la conserver dans un lieu frais.

Il y a deux sortes de levures : la levure grise pâle et la levure brune, provenant des bières brunes. Dire laquelle des deux est préférable, est assez difficile, car ce n'est pas à l'examen qu'on peut décider de la qualité d'une levure, ce n'est qu'après un essai de fermentation qu'on peut se faire une idée sur sa valeur. Les seuls indices qu'on puisse constater sont : il ne faut pas qu'elle soit sèche, car alors elle a perdu une partie de ses propriétés, son odeur doit être franche, elle ne doit pas avoir l'aspect visqueux. On ne doit y constater aucunes moisissures, et elle ne doit pas dégager d'ammoniaque, phénomène qui se produit toutes les fois que la pourriture s'y montre Ce ne

sont donc que par des essais préalables que le fabricant peut se faire une opinion exacte sur la valeur de telle ou telle levure.

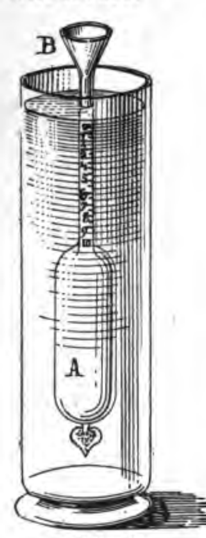


Fig. 3.

L'essai comparatif des différentes levures a une importance réelle, et il est indispensable qu'un industriel puisse en déterminer la valeur avec une approximation aussi exacte que possible.

M. Billet, distillateur à Marly (Nord), a construit à cet effet un aréomètre spécial (fig. 3) qui remplit assez bien ce but, en déterminant la perte en poids d'acide carbonique dans un jus sucré qui a fermenté. La pesée se fait automatiquement. Voici comment il procède : il introduit dans la panse A de l'aréomètre un poids déterminé de liqueur sucrée titrée et un poids X de levure par l'entonnoir B, il ajoute de l'eau jusqu'à ce que l''instrument affleure le O dans un bain d'eau chaude à + 30°. La fermentation commence et le dégagement d'acide carbonique allège d'autant plus l'aréomètre qu'il est plus considérable. Quand la fermentation est terminée, il suffit de lire sur l'échelle graduée le poids indiqué et on connaît la somme d'acide carbonique dégagée. En opérant avec plusieurs aréomètres, dans le même bassin à + 30°, on a des résultats comparables. La levure qui aura donné le chiffre le plus élevé dans le même temps, sera donc la meilleure, car elle aura transformé en alcool et acide carbonique la plus grande quantité de sucre dans le même temps et dans les mêmes conditions de poids de sucre et de levure.

L'instrument est gradué sur les bases suivantes. Le déplacement de la tige de 0 à 10 dans l'eau à 30 degrés est de 7gr82, soit par centimètre de 0gr782. La fermentation complète de 16 grammes de sucre cristallisable, dégageant 7gr82 d'acide carbonique, ferait remonter l'aréomètre au chiffre 10.

Pour opérer, on se sert d'une liqueur composée comme suit :

Sucre cristallisable..............	300 gr.	»
Phosphate d'ammoniaque...........	1	50
Chlorure de potassium............	1	25

On fait dissoudre dans 500 centimètres cubes d'eau, on ajoute 5 grammes d'acide sulfurique, on porte à l'ébullition, puis, après refroidissement, on complète le volume de 1 litre.

Pour faire usage de cette solution, on plonge l'instrument dans un bain à 30 degrés, on introduit 50 centimètres cubes de la solution et 5 grammes de la levure à essayer, préalablement délayée dans 20 centimètres cubes d'eau ; on fait affleurer l'instrument au 0, en ajoutant de l'eau goutte à goutte. On laisse fermenter, et quand le travail est terminé, on lit de combien de degrés s'est élevé l'aréomètre. Si plusieurs ont été mises en essai en même temps, il est évident que celle qui amènera le degré le plus fort sera la meilleure. Cet essai simple et pratique peut rendre de grands services pour l'étude de la levure à employer.

Remarque.— On voit qu'on n'emploie que 15 grammes de sucre au lieu de 16, chiffre indiqué par la théorie pour obtenir 10 degrés; mais, comme il y a des pertes provenant de l'évaporation de l'eau et de l'alcool, le chiffre 15 a été jugé le meilleur par l'expérience.

On appelle levain, de la pâte à faire le pain qu'on met dans un endroit chaud et à l'abri des courants d'air. Il s'y produit bientôt une violente fermentation acide sous l'influence d'un ferment qui lui est spécial. C'est cette pâte aigrie qu'on mélange à la pâte du pain pour la faire légèrement fermenter et obtenir ce phénomène qu'on appelle en panification, pain levé.

Le levain est produit, soit directement sans intermédiaire, comme je l'ai dit, soit au moyen de la levure de bière. Dans la boulangerie, actuellement, on le remplace même par du carbonate d'ammoniaque.

En distillerie, le levain de farine est quelquefois employé quand on ne peut pas se procurer de levure fraîche. Il ne remplit pas entièrement le même but, mais il peut rendre de grands services à un moment donné, et il est bon de faire des essais à ce sujet pour éviter une interruption de travail par un manque accidentel de bonne levure de bière. Notons cependant, en passant, que l'emploi du levain peut donner, à l'alcool produit, des goûts qui nuiront à sa qualité et augmentent dans des proportions sensibles la somme des produits de queue, chose toujours regrettable, car il y a perte à la rectification.

CHAPITRE IV

Alcool de vin. — Etude des étuves ou ateliers de fermentation. — La Betterave. — Fermentation alcoolique des grains.

La fermentation des matières saccharines. Conduite industrielle du travail de la fermentation.

Jusqu'à présent, nous sommes restés dans les généralités, nous avons examiné successivement les lois de l'alcoolisation, les sources de l'alcool, la fermentation au point de vue théorique, puis enfin le commencement vraiment pratique de cette grande industrie des alcools, la saccharification des matières susceptibles de cette transformation, et par conséquent propres à fournir, par la fermentation, un alcool quelconque. Nous allons dans ce chapitre laisser tout à fait de côté toutes les théories et nous lancer à fond dans la pratique de ce que nous avons appris dans les éléments scientifiques exposés dans les premiers chapitres.

L'art de faire fermenter les matières saccharines et les matières saccharifiées est certainement une des opérations les plus délicates de tout le travail de l'alcool, car, de sa plus ou moins bonne exécution, dépend le rendement et par conséquent le bénéfice ou la perte du fabricant. Ce n'est donc pas à la légère ni en abrégé qu'il faut examiner cette question, mais avec tout le soin et tous les

détails possibles. Comme précédemment, nous procéderons par chapitre, en classant autant que possible nos produits selon leur importance ou le plus ou moins de de simplicité de leur travail.

L'ALCOOL DE VIN

Le premier principe qui ait fourni l'alcool est incontestablement le vin, quoique les anciens aient fait des alcools avec du miel fermenté ; mais nous y reviendrons en temps et lieu. Le vin est la source première. C'est cet alcool qui sert de type à tous les autres, celui qu'on cherche le plus à imiter dans toutes les fabrications, car c'est le plus agréable au goût et celui qui se prête le plus à tous les usages du genre humain.

Je n'entreprendrai pas l'historique du vin, de sa production, ni de sa fabrication. J'ai déjà longuement traité ce sujet dans un ouvrage spécial, *Manuel général des vins*, qui fait parti de cette collection de manuels thechnologiques. Je traiterai simplement la fabrication du vin au point de vue de la production de l'alcool.

Le vin se fait, tout le monde le sait, avec le raisin, seule et unique source de ce produit. Mais le raisin se récolte de deux manières bien différentes, soit qu'il soit destiné à donner une liqueur comestible agréable, soit qu'il soit destiné à la distillation. C'est ce dernier mode de fabrication que je vais étudier plus spécialement.

Lors de la vendange du raisin, quand on veut faire du vin destiné à être brûlé, c'est-à-dire destiné à la production de l'alcool, on doit prendre une première précaution, c'est d'attendre que le raisin soit parfaitement mûr, car alors il contient le maximum de sucre qu'il est susceptible de fournir. La cueillette se fait comme d'habitude par un beau temps, autant que possible. Le raisin

amené au vendangeoir est foulé avec le plus grand soin, de manière à diviser les grappes et à bien écraser tous les grains pour faciliter la fermentation. Là, se place la question de l'égrappage. Je ne discuterai pas cette question au point de vue du goût ou de la finesse de l'alcool, mais au point de vue du rendement, et je dirai qu'il est préférable de le pratiquer pour une raison qui se comprendra facilement.

Lorsqu'on met en cuve le raisin écrasé avec ses grappes et que la fermentation se produit, l'alcool naissant, par une loi d'endosmose bien connue, se porte sur les grappes, déplace les liquides acres et acides qui s'y trouvent et prend leur place. Ces grappes absorbent une certaine quantité d'alcool qui y restera, malgré le pressurage le plus énergique. Il y aura un avantage incontestable à les séparer des grains du raisin pour éviter cette perte. L'égrappage se pratique sur des claies en fer et la séparation des grains d'une part et des grappes de l'autre, se fait avec une facilité extrême.

On a bien dit que la présence des grappes facilitait la fermentation et que les principes acides qu'elles contiennent assurent la conservation du vin. Ce sont des raisons qui n'ont qu'une valeur absolument relative. La question d'économie, pour moi, prime tout. Seulement, il est certaines précautions qu'il faut prendre quand on opère l'égrappage et voici comment je conseille d'opérer.

Le raisin, dès qu'il est cueilli, est passé à l'égrappoir, puis, pour écraser complètement les grains, on les fait passer entre deux cylindres, soit en bois, soit en fer, armés de cannelures et distants simplement de cinq millimètres l'un de l'autre. Pas un grain n'échappera, et votre vendange forme une bouillie liquide parfaitement propre à la fermentation.

Le cuvage en grandes masses de 150 à 200 hectolitres

peut être un inconvénient, c'est-à-dire de voir la fermentation manquer d'activité et ne pas se faire complètement. On peut y remédier assez facilement ; premièrement, en faisant le cuvage dans des récipients moins grands, de 50 à 100 hectolitres au plus ; deuxièmement, en acidifiant le moût quand il n'a pas un titre acide suffisant, c'est-à-dire représentant de 6 à 7 grammes d'acide sulfurique SO^3HO par litre; acidification qu'on obtient par l'introduction d'une certaine quantité d'acide tartrique. Il faut de plus prendre la précaution de s'opposer à la formation d'un chapeau, c'est-à-dire de voir les peaux du raisin se réunir en masse à la surface du liquide. Pour cela, la cuve est munie d'un faux fond en osier qui maintient les peaux de 10 à 15 centimètres en contre-bas du niveau du liquide. Cela est encore d'une pratique facile et arrête le ferment acétique qui se produit toujours dans le chapeau au détriment de l'alcool naissant.

Maintenant, pour ce qui est des principes astringents qui peuvent manquer au vin pour en assurer la conservation, on les remplace par une addition de 3 à 4 grammes de tannin en poudre par hectolitre de vin. Le tannissage peut même se pratiquer à la cuve ou après le pressurage. Je le préfère après le pressurage, car pendant la fermentation une partie se trouve détruite. Cette objection de la conservation du vin est donc à négliger.

Les avantages de l'égrappage sont, économie d'alcool, économie de cuves, car une même cuve contient plus de raisin égrappé que de raisin entier ; puis, plus de finesse dans le produit obtenu.

Le cuvage doit se faire dans des locaux parfaitement clos, ayant une température variant de 18 à 25 degrés, à l'abri de tout courant d'air et où l'évacuation de l'acide carbonique produit peut se faire facilement, dans l'intérêt de la santé des ouvriers. Ces conditions sont assez aisées à

remplir et on doit y tenir sérieusement la main, car un courant d'air froid qui viendrait frapper une cuve en pleine fermentation, aurait pour inconvénient de ralentir le travail commencé et quelquefois même de le faire cesser tout à fait, accident grave, qui n'est pas sans remède, mais qui a de fâcheuses conséquences.

La fermentation doit se faire progressivement, sans brusquerie, sans temps d'arrêt, car dans ce cas il faut y porter remède de suite.

Si le ralentissement de la fermentation provient d'un abaissement dans la température du moût, on y remédie de deux manières, soit en chauffant le local où se fait la cuverie, soit en versant dans la cuve une certaine quantité de moût très chaud qui en élève la température, soit encore en introduisant, dans la cuve même, un appareil à charbon appelé chauffe-bain. Dans ces cas cités plus haut on voit bien vite, la température s'étant élevée, la fermentation reprendre sa marche régulière jusqu'à épuisement complet du sucre contenu dans le moût, le but se trouve ainsi atteint sans grands frais ni accidents à craindre.

Il est également bon de couvrir les cuves, non d'une façon absolue, mais convenable, de manière à empêcher l'évaporation de l'alcool, évaporation qu'il est difficile d'éviter avec une si grande surface de liquide exposée à l'air. C'est ce qui nous a porté à recommander le cuvage en foudres, on y rencontre de nombreux avantages, absence de chapeau, pas de courant d'air à craindre, pas d'évaporation.

Mais ce mode de travail est plus dispendieux que les cuves ouvertes, car le prix des foudres est toujours plus élevé.

Cette question du cuvage ou fermentation du moût de raisin, on le voit, est de toute importance, aussi recommandons-nous aux vignerons qui font des vins destinés à la distillerie d'en bien examiner toutes les conditions.

Quant à la question du décuvage elle est assez délicate, et présente les mêmes objections que pour la mise en cuve. Pour faire du vin de table ou pour faire du vin à distiller il y a deux manières d'opérer. Pour les vins commestibles, nous n'en parlerons pas, pour les vins de distillerie, nous conseillerons de ne décuver les vins que lorsqu'on se sera assuré, par un essai, que tout le sucre est transformé enr alcool. Il ne faut pas cependant en exagérer la durée, car on est exposé à voir le vin prendre un goût fâcheux, goût qui se retrouverait dans les alcools ou eau-de-vie obtenus par la distillation.

En général, il est bon de décuver lorsque la masse liquide est revenue à une température normale et qu'on ne voit plus de bulles de gaz venir à la surface. On peut alors procéder au pressurage qui se pratique avec des pressoirs aussi énergiques que possible.

Si la vendange a été égrappée on n'aura besoin que de forts petits pressoirs à cage, car le marc se tiendrait difficilement en motte, dans le cas contraire, on emploira les pressoirs connus.

Le vin de pressurage sera également réparti sur tout le vin qui a été directement tiré de la cuve et les fûts pleins seront rangés dans des celliers clos à l'abri de courant d'air, car il se fera encore une fermentation lente qui achèvera la conversion du sucre restant en alcool. Le vin se clarifiera de lui-même et dès les premiers froids il deviendra tout à fait brillant. Il sera bon, à ce moment, de le soutirer pour le séparer de sa grosse lie, lie qui est mise de côté pour être distillée à part, car elle contient de l'alcool qui aura, lui aussi, son emploi.

Ces vins soutirés clairs sont mis en fûts pleins et logés en cave jusqu'au moment où ils seront passés à la chaudière.

C'est ici que nous allons examiner la question de l'amélioration des moûts, autrement dit leur sucrage.

Là, il y a différentes manières d'envisager la question, au point de vue de la production de l'alcool et au point de vue du prix de revient de cet alcool.

Le poids d'un moût indique toujours, d'une manière assez exacte, le rendement en alcool après fermentation, il est donc facile de savoir si on a avantage à élever le poids du sucre pour augmenter le rendement, mais il faut avant tout se rendre compte du prix de revient de cet alcool artificiellement produit.

Pour se rendre compte du prix de revient d'un litre d'alcool à 100°, obtenu par l'addition de sucre au moût de raisin, on se base sur le calcul suivant : 1 kilogramme de sucre de canne après conversion en sucre fermentescible et fermentation donne 511 grammes d'alcool soit en volume à + 15, 0 litre 645 millilitres.

Le kilogramme de sucre coûte, d'après la nouvelle loi, de 0 fr. 65 à 0 fr. 70. Le litre d'alcool à 100° sera donc de 1 fr. 082, cela en vertu des formules suivantes :

Cent parties de sucre de canne pour fermenter se transforment en sucre interverti et deviennent 105,36 suivant l'équation suivante.

Sucre de canne $\frac{C^{12}H^{11}O^{11}}{171} + \frac{HO \text{ eau}}{9} = \frac{C^{12}H^{12}O^{12}}{180}$ sucre interverti.

Donc 171 : 180 : 100 : x. $x = 105,36$.

105,36 de sucre interverti, par suite de la fermentation, donnent :

Alcool	51.11
Acide carbonique	48.89
Acide succinique	0.67
Glycérine	3.16
Cellulose, graine, extractif	1.53
	105.36

1 kilogramme de sucre donnera donc 511 grammes d'alcool comme la densité de l'alcool à + 15 est de 0°7939 on aura comme volume.

$$511 : x :: 0,7939 : 1,000 = 0^l645.$$

Le sucre coûtant environ 0 fr. 70 le kilogramme, les 0^l645 d'alcool coûteront 0 fr. 70 et le litre coûtera 1 fr. 082. Ce qui est un prix élevé, car il faut bien se rendre compte, que le rendement industriel n'est pas entièrement conforme à la théorie, il y a toujours une perte à la fermentation, ce qui est retenu par les peaux, les rafles, les pépins du raisin et ce qui reste dans les lies. Ce procédé ne nous semble donc pas pratique avec du sucre de canne. On pourrait employer des sucres communs, mais l'écart est encore faible, il faudrait alors employer des glucoses d'industrie, mais le but ne serait plus rempli, car le glucose du commerce additionné à un moût lui donne toujours un goût qui se retrouve dans l'alcool qu'on en extrait. C'est donc une pratique que, loin d'encourager, je condamnerai toujours.

Il en est de même de la pratique, qui se généralise malheureusement, d'ajouter au moût des alcools d'industrie, espérant, qu'en fermentant avec lui, ils changeront de goût, c'est encore une grave erreur, et si les alcools employés ne sont pas de bonne qualité, l'esprit obtenu par la distillation du vin, où ils ont été ajoutés, aura le goût défectueux qu'ils avaient.

Il ne faut pas perdre de vue que rien ne peut remplacer le goût de terroir, et que quelque soins qu'on prenne, l'addition d'alcool étranger, augmentera le rendement, c'est vrai, mais au détriment de la qualité du produit obtenu.

L'objectif des producteurs d'alcool de vin a été toujours

d'obtenir la plus grande quantité de produit. Le mode employé jusqu'à ce jour a été celui usité pour faire les vins de consommation ordinaire, c'est-à-dire le pressurage de la vendange. Il reste toujours un marc assez riche en sucre qui ne sert qu'à faire de la boisson pour les ouvriers, ou qu'on fait fermenter pour en extraire une eau-de-vie commune ayant un goût très prononcé de grappe et sans grande valeur. Beaucoup de systèmes ont été imaginés pour tirer parti de ce reste de sucre et MM. Petit et Robert semblent avoir trouvé une solution qui, sans être parfaite, présente cependant de sérieux avantages par rapport au rendement, mais qui a une influence fâcheuse sur la finesse de l'eau-de-vie, ce procédé cependant mérite une description spéciale que voici :

La vendange foulée est versée dans une première cuve à macération munie d'un double fond mobile forme de réservoir qui contient le raisin, on couvre la vendange d'eau puis on laisse macérer pendant deux ou trois heures ; cette cuve communique avec une seconde par un conduit partant du fond et allant en haut de celle-ci. Quand la macération est terminée on fait couler de l'eau sur la première cuve qui déplace le jus macéré et le force à passer dans la deuxième cuve qui a été remplie également de vendange dont on a préalablement fait écouler le jus. La première cuve se trouve alors en macération avec une nouvelle eau. On laisse les deux cuves en macération deux heures, puis on charge de vendange égouttée la troisième cuve et on ouvre les communications de bas en haut des trois cuves et on fait couler de l'eau dans la première qui renvoie son jus chargé dans la deuxième, qui elle-même envoie le sien dans la troisième. La première cuve a donc reçu trois eaux, la deuxième deux, la troisième une, le marc de la première est épuisé après deux nouvelles heures de macération. On enlève alors le faux fond

qui porte le marc, on le laisse égoutter, puis on le presse dans un petit pressoir fait comme ceux employés ordinairement. On recharge le n° 1 de nouvelle vendange écrasée et au moyen d'une pompe on fait passer le jus du n° 2 sur le n° 1 et celui du n° 3 sur le n° 2, la marche reprend alors son cours, le n° 2 devient n° 1 et le 3 n° 2 ; ainsi de suite tant qu'il y a de la vendange. On le voit c'est un système continu d'épuisement du raisin par l'eau en vertu des lois d'endosmose et d'énosmose.

Le raisin, par ce procédé, est entièrement épuisé de tout le sucre qu'il peut contenir et le rendement en alcool est incontestablement supérieur aux autres procédés de pressurage qui laissent toujours dans les grappes et les pulpes du raisin une quantité de sucre assez considérable.

Maintenant quels sont les inconvénients et les avantages de ce mode d'opérer? Le premier est la grande quantité d'eau exigée, inconvénient grave dans certaines contrées où l'eau est rare, puis, la quantité de fûts que demande cette masse de liquide pour être logée. Puis, la fermentation qui se fait dans des jus peu chargés de sucre et souvent pauvres en acide, il y a là un danger réel dans les années où des froids précoces arrivent au moment des vendanges. On peut cependant y remédier en organisant des cuveries faciles à chauffer. Puis on aura des jus fermentés très pauvres en éléments de conservation qu'il faudra distiller de suite sous peine de les voir s'acétifier rapidement. La distillation elle-même présentera des inconvénients, car on aura à chauffer une bien plus grande masse de liquide pour extraire l'alcool; les vinasses seront plus abondantes et les flegmes beaucoup moins élevées de degré, il faudra les rectifier plus énergiquement, autre inconvénient.

Mais à notre point de vue, voici le plus grand écueil de ce mode d'opérer, c'est que les grappes de raisin mises

en contact avec une aussi grande quantité d'eau abandonneront évidemment une partie des principes âcres et empyreumatiques qu'elles contiennent et donneront du goût au jus obtenu, goût qui se sentira à la distillation.

Si on obtient plus de produit, on aura incontestablement une eau-de-vie ayant moins de bouquet et susceptible de prendre un goût de marc défectueux. Du reste, la pratique n'a pas sanctionné ce genre de travail. Des essais ont été faits, mais nous savons qu'ils n'ont pas été assez concluants pour modifier le travail des eaux-de-vie dans les pays où on fait les grandes qualités.

Ce mode de macération serait pour nous d'une application pratique sur les marcs de pressurage, on pourrait en extraire le sucre restant et faire des eaux-de-vie de qualité supérieure aux eaux-de-vie de marc qui sont impropres à la consommation à cause de leur goût empyreumatique trop prononcé.

Du reste, ce travail a déjà été fait depuis longtemps, les marcs pressurés ont été additionnés d'eau et mis en fermentation, on a obtenu ainsi un second vin qui, additionné d'un peu d'acide tartrique, pour lui donner de la tenue, a donné des alcools encore assez passables.

Mais tout cela, en augmentant le rendement, a toujours l'inconvénient de donner des produits très secondaires.

De tout ce qui précède nous croyons donc que le plus simple, est de faire son vin le mieux possible, dans les meilleures conditions, de soigner la fermentation du moût, d'éloigner de lui les grosses lies pour qu'elles ne lui donnent pas de goût et de donner à celui-ci tous les soins voulus, exactement comme s'il devait être consommé tel. L'expérience l'a démontré, c'est que lorsque les vins sont bien faits, dans de bonnes conditions, ce sont ceux qui donnent les meilleures eaux-de-vie.

Nous traiterons plus loin la question de la distillation

des vins, nous allons nous occuper du parti qu'on peut tirer des marcs de pressurage.

Les marcs de pressurage des vins blancs, ou ceux des vins rouges qui n'ont pas été pressurés, mais simplement égoutés peuvent être employés de différentes manières.

Les marcs de vin blanc et ceux de vin rouge pressurés peuvent servir directement à faire de l'alcool de marc, le procédé employé est fort simple.

Le marc, au sortir du pressoir est émietté avec le plus grand soin, puis mis dans de grandes cuves où il est fortement foulé, quand elle est pleine, on l'égalise avec soin et on la recouvre d'une couche de quelques centimètres de terre grasse, délayée dans de l'eau, de manière à le mettre à l'abri de l'air. La masse ne tarde pas à s'échauffer fortement sous l'influence de la fermentation et tout ce qui y restait de sucre se transforme en alcool. C'est cette masse qui sera distillée plus tard comme nous l'expliquerons au chapitre distillation.

Mais on doit bien penser que le sucre fermentant en présence de cette masse énorme de grappes, l'alcool naissant s'emparera de toutes les huiles essentielles qui y abondent, aussi on obtiendra un produit, doué d'un goût fort et désagréable qui le déprécie tout à fait. Cependant, il faut le dire, cette eau-de-vie est très recherchée par les vignerons qui lui trouvent une saveur qu'ils estiment. Mais, au point de vue industriel, les esprits de marc, quelque bien rectifiés qu'ils soient, ne sont jamais classés que dans ce qu'on appelle les alcools d'industrie, destinés, non à la consommation mais aux applications des arts et métiers.

L'autre mode de traiter les marcs de vin blanc et les marcs de vin rouge simplement égouttés et non pressurés, est tout différent et a pour but de faire de fausses eaux-de-vie.

Les marcs sont jetés après avoir été divisés dans de grandes cuves à fermentation, où ils sont additionnés d'une quantité d'eau sucrée avec de la glucose, égale à celle du vin extrait. C'est un second vin qu'on veut faire, car cette eau sucrée, au contact des marcs, se met rapidement en fermentation et tout le sucre contenu encore fermente avec la glucose additionnée. C'est un simple calcul à faire pour connaître la quantité de glucose à ajouter à l'eau. En principe il est admis qu'il est prudent de ne pas faire un vin portant moins de 8 0/0 d'alcool en volume, nous savons que pour obtenir 1° d'alcool dans 1 hectolitre d'eau il faut 1,600 grammes de sucre ou 1,700 grammes de glucose, c'est donc 13kgr,500 environ de glucose qu'il faudra ajouter par hectolitre d'eau pour avoir un vin portant 8° et qui donnera 16 litres d'alcool à 50°.

Connaissant le prix de la glucose, le prix de vente du produit obtenu, on sera fixé de suite sur les résultats de l'opération.

Comme mode d'emploi, voici le procédé le plus simple, la glucose sera dissoute dans de l'eau tiède, il faut que la dissolution soit aussi complète que possible, puis versé sur le marc quand il a encore une température de 15 à 18° de manière à favoriser la fermentation. Quand cette dernière est terminée et qu'on a pressuré ce vin de seconde fabrication on constatera qu'il manque tout à fait de principes acides et qu'il se décompose rapidement, il faut en assurer la conservation, pour cela il y a différents procédés qui tous consistent à lui donner ce qui lui manque. 1° l'acide tartrique; 2° le tannin. L'un et l'autre sont faciles et il est prudent de l'amener à ce que son équivalent d'acidité égale celui qu'aurait 1 litre d'eau additionné de 6 grammes d'acide sulfurique (SO^3HO).

Pour le tannin on peut toujours sans crainte en ajouter 10 grammes par hectolitre, lesquels 10 grammes ont été

préalablement dissous dans 100 centimètres cubes d'alcool à 85°. Ces deux précautions prises, on a de grandes chances de le voir se bien tenir.

Il est une autre méthode pour en assurer la conservation, c'est l'emploi des antifermentescibles, l'acide borique, le borate de soude, ou mieux encore l'acide salicylique à la dose de 25 grammes par hectolitre. Comme ce vin ne doit pas être consommé tel que, il n'y a pas d'inconvénient à élever la dose d'acide salicylique, comme cela on est sûr qu'il se conservera aussi longtemps qu'on voudra et pourra attendre sans crainte le moment de la distillation.

Les marcs pressurés de ces seconds vins peuvent être traités comme les marcs ordinaires pour en extraire le peu d'alcool qui peut encore y rester, on aura alors un produit d'une grande infériorité, mais qui trouvera encore son emploi.

Voici, je le crois, tout ce que nous pouvons dire sur la question de l'alcool des vins, nous traiterons plus loin le point délicat de leur distillation.

ÉTUDE DES ÉTUVES OU ATELIERS ET DES CUVES A FERMENTATION

Avant d'entreprendre la description des procédés industriels employés pour faire fermenter les jus saccharifiés, il est utile de donner quelques détails sur les locaux et les cuves dans lesquelles doivent se passer ces opérations.

L'installation des cuveries ou étuves, expressions employées pour désigner le local où sont les cuves à fermentation, exige certains soins, certaines conditions

d'installation pour que l'opération puisse s'y faire d'une manière convenable.

L'étuve doit être construite dans une exposition spéciale, Est et Ouest autant que possible, les murailles doivent être très épaisses, les portes petites et peu nombreuses, les fenêtres étroites et juste assez grande pour donner le jour nécessaire au travail. L'élévation du plafond suffisante pour le maniement des cuves, en un mot, on doit prendre toutes les précautions pour éviter les courants d'air et les changements de température. Le sol doit être dallé en pierres ou en briques de manière à pouvoir être lavé fréquemment. Il faut éviter les mauvaises odeurs développées par un sol qui s'imprégnerait de matières fermentescibles, car on verrait bien vite se produire des germes innombrables de fermentation secondaires et putrides qui seraient très nuisibles à la marche régulière d'une fermentation qui ne doit être qu'alcoolique.

Pour éviter les changements de température soit en chaud soit en froid, il est même prudent de remblayer les murs à 1m50 à 2 mètres avec de la terre gazonnée, on a alors une sorte de cave élevée dont la température est peu sujette aux influences extérieures.

La facilité de lavage du sol de l'étuve doit être combinée avec le plus grand soin pour plusieurs raisons : la première, la propreté ; la seconde, l'écoulement facile du gaz acide carbonique qui s'y accumule en grande abondance.

Le gaz acide carbonique, comme nous l'avons vu, est la conséquence de l'acte de la fermentation, sa composition est de :

Carbone.	27 67
Oxygène	72 33
	100

Il est inrespirable, délétère, les êtres vivants ne peuvent y séjourner sans périr rapidement par asphyxie, c'est un produit dangereux dont on doit éviter la trop grande accumulation dans les étuves.

Pour y arriver il y a différents moyens le premier et le plus simple, est de pouvoir répandre sur le sol une certaine quantité d'eau chargée de chaux ; en présence du gaz acide carbonique, la chaux se transforme en carbonate de chaux et assainit naturellement le local. Un simple courant d'eau entraînerait également les gaz, de même qu'une ventilation basse, mais ce dernier mode exigerait certaines précautions, car il ne faudrait pas faire arriver de l'air froid, qui aurait pour inconvénient d'abaisser la température. Un courant d'air chaud entraînerait à une dépense d'appareil qui serait trop coûteux. Je crois que l'eau de chaux répandue sur le sol serait encore le meilleur procédé.

L'acide carbonique, on le sait, est plus lourd que l'air, il se tient toujours à la surface du sol, ce qui rend l'opération de son expulsion d'autant plus facile.

Pour ce qui est du chauffage des étuves, il peut s'opérer, soit au moyen de poêles en fonte, soit en y faisant passer, ce qui est plus économique, la fumée de la machine à vapeur qui fait marcher la fabrique. Pour cela, on dispose de longs tuyaux de tôle qui traversent l'étuve d'un bout à l'autre. Il n'est pas besoin d'une température très élevée, car dès que les cuves sont en fermentation, elles entretiennent la température rien que par la chaleur qu'elles dégagent. Il faut pouvoir chauffer à volonté pour avoir une température aussi régulière que possible, variant de 22 à 25° ; il est inutile et même nuisible de la pousser plus loin. Dans quelques usines, en hiver, on emploie la vapeur d'échappement des machines pour chauffer les étuves à fermentation.

Nous insistons sur tous ces petits détails relatifs aux étuves, parce que plus loin on verra l'importance pour la régularité du travail et son rendement aussi complet que possible.

Pour ce qui est des cuves à fermentation, leur mode de construction n'est pas indifférent ; elles doivent être en bois très fort de 4 à 5 centimètres d'épaisseur, selon qu'elles sont de 20 à 30 hectolitres et au delà, l'essence du bois doit être soit du chêne, soit du sapin qui est plus économique d'établissement, mais de peu de durée ; le chêne est ce qu'il y a de mieux. Elles doivent avoir la forme d'un cône, c'est-à-dire que le bas doit être plus large que le haut, elles doivent être rondes, car c'est la forme la plus commode à entretenir propre, point de la plus haute importance. Cette forme, du reste, est plus favorable à entretenir une chaleur régulière, la forme carrée présentant des angles où la masse liquide est moins épaisse et plus sujette au refroidissement.

Les cuves doivent être disposées sur des massif de maçonnerie à une certaine élévation du sol, de 25 à 30 centimètres, l'air doit pouvoir circuler dans les fonds pour en éviter la pourriture, faciliter le nettoyage et les réparations.

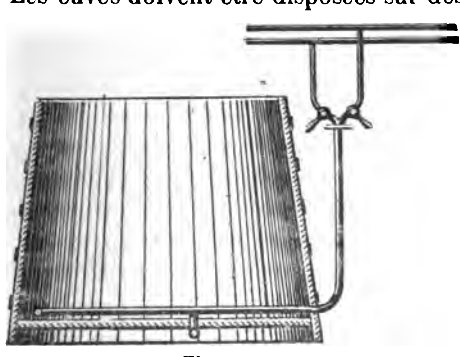


Fig. 4.

Elles doivent être munies d'un robinet placé à 5 centimètres environ du fond pour le soutirage du liquide fermenté et laisser les gros dépôts ; de plus, elles

doivent être munies d'un appareil décrit dans la figure 4. Le tuyau A correspond avec un réservoir d'eau froide, le tuyau B avec la chaudière à vapeur, ce qui permet de lancer à volonté de l'eau froide ou de la vapeur par le tuyau C dans le serpentin D. Par cette simple addition, on peut réchauffer ou rafraîchir la cuve et en régler la marche. Cette disposition présente un grand avantage lorsqu'on agit sur des matières pâteuses.

La disposition de l'étuve et des cuves n'est pas aussi indifférente qu'on le pense et nous recommandons aux fabricants d'alcool d'y apporter tous les soins possibles.

LA BETTERAVE

Dans ce travail traitant uniquement des procédés employés pour la distillation et la fabrication des alcools, nous n'entreprendrons pas un exposé, bien plus savamment fait dans les ouvrages spéciaux, de la culture des betteraves. Il faudrait un volume pour décrire convenablement cette matière purement agricole, qui, à notre point de vue, est plus du ressort d'un manuel agricole que d'un ouvrage purement industriel. En effet, l'étude de la culture de la betterave entraîne la connaissance de notions agricoles assez étendues qui sortent de notre cadre, que nous sommes déjà obligé de rétrécir souvent plus que nous ne le voudrions.

La betterave *(Beta vulgaris)* a de nombreuses variétés, qui toutes présentent des avantages plus ou moins considérables au point de vue de la distillation, mais le choix de l'espèce est encore subordonné à des considérations agricoles qu'il est inutile d'exposer ici.

Voici, d'après Payen, les huit espèces qui sont généralement cultivées :

1° La betterave blanche ou betterave à sucre, divisée en deux sous-variétés, betterave blanche à collet rose et betterave blanche à collet vert ;

2° La betterave jaune d'Allemagne ;

3° La betterave à peau jaune et chair blanche ;

4° La betterave jaune dite de Castelnaudary ;

5° La betterave rouge longue ;

6° La betterave globe jaune ;

7° Une sous-variété à peau rouge ;

8° La betterave disette au champêtre.

Le choix, dans ces nombreuses variétés, doit être uniquement guidé, au point de vue du distillateur, par leur richesse en sucre. C'est un essai à faire selon la région où l'on se trouve. En thèse générale, la betterave des sucriers est la plus propre à l'industrie de l'alcool et on devra autant que possible la préférer.

Il y aura même une considération à observer, c'est l'emploi des déchets de distillerie propres à l'alimentation des animaux ; l'espèce, dans ce cas, joue un rôle assez important, car leur emploi entre en ligne de compte dans la diminution du prix des produits obtenus, considération de la plus haute importance, les bénéfices des distillateurs était extrêmement réduits, et exigeant l'économie la plus absolue dans les frais de fabrication.

La question de récolte ne présente rien de particulier, elle doit être faite dans les mêmes conditions que pour la fabrication des sucres, nous ne nous étendrons pas sur ce point.

L'étude de sa composition, au contraire, présente un grand intérêt pour nous, aussi, allons-nous nous y arrêter un peu.

Voici différents tableaux donnant cette composition :

1° D'après Dubrunfaut et Péligot.

Eau	85
Sucre.	10
Ligneux	2 5
Albumine et matières diverses.	2 5
	100

C'est un ensemble de nombreux essais.

2° Payen donne une analyse plus détaillée :

Eau.	83 5	86 10
Sucre et traces de dextrine (environ 0,1)	10 5	8 43
Cellulose et pectine (qui restent dans la pulpe)	0 8	0 75
Albumine, caséine et deux autres substances azotées	1 5	1 17
Matières grasses	0 1	0 09
Acides divers, substances gommeuses, matières aromatiques, colorable et colorante, huiles, chlorophylle, sels minéraux et organiques, oxydes divers	3 6	3 46
	100	100

Il ressort de l'examen de ces deux tableaux, que, en thèse générale, la betterave contient, comme matières susceptibles de fournir de l'alcool, de 9.5 à 10 °/₀ de son poids. Ces données connues, il est facile de se rendre compte du produit d'un poids déterminé de cette racine, étant connus les pertes et les frais généraux d'une fabrication de ce genre. Ces frais varient, du reste, dans une proportion assez grande, selon l'importance de la distillerie.

ESSAI DE BETTERAVES

Étudions maintenant une question délicate, c'est l'essai des betteraves, car chaque année amène un changement dans sa composition, suivant les variations du temps chaud, sec ou humide. La connaissance de la composition du produit à travailler est donc indispensable. Pour arriver à ce résultat, il se présente plusieurs méthodes, et le sujet est assez sérieux pour que nous en fassions une étude spéciale.

Le premier procédé qui se présente, comme le plus simple et le plus naturel, est la fermentation, c'est-à-dire de râper une quantité connue de betteraves, en extraire le jus, le faire fermenter et doser l'alcool obtenu. Il n'en est rien cependant, car un essai fait ainsi en petit présente une foule de causes d'erreurs qu'il serait trop long d'exposer ici, mais que le simple bon sens fait comprendre. Puis le mode de travail ne se fait pas toujours par l'extraction du jus et sa fermentation ; dans le système Champonnois, on coupe les betteraves en tranches minces, et on les fait fermenter telles que, après les avoir additionnées d'une certaine quantité d'eau. Il y a là un vice d'opération auquel il faut remédier. Notre but est de connaître aussi exactement que possible sa richesse réelle en sucre, quitte à nous assurer si nous pouvons extraire tout ce sucre et le convertir en alcool.

Le second procédé qui se présente est le suivant que nous empruntons à M. Payen, c'est la dessiccation. Voici comment on opère :

On coupe dans le milieu d'une betterave quelques tranches minces, on les pèse avec le plus grand soin, puis on les fait immédiatement sécher dans une étuve. Lorsque la dessiccation est complète, on les pèse et la diffé-

rence de poids donne l'eau qu'elles contiennent. Ce point connu il faut évaluer le sucre, pour cela on se livre au calcul suivant :

Il est admis que dans les conditions normales 100 parties de betteraves donnent de 16 à 18 °/₀ de matières sèches. Lesquelles se composent de 6 à 8 parties de matières inutiles, et 9 à 11 représentant le sucre. On règlera donc son calcul sur les données précédentes.

Mais ce procédé est complètement faux, il n'est tout juste bon qu'à donner la proportion d'eau, proportion assez indifférente. En effet, on recevra souvent des betteraves qui ne donneront que 10 à 11 °/₀ de matières sèches et même 8 à 9. Il faut savoir exactement pour combien est le sucre dans les cas présents. Il est impossible d'établir une moyenne de poids pour déterminer la somme des matières fixes autres que le sucre qui existent dans le résidu de la dessiccation.

Ces deux procédés sont impraticables pour faire de sérieuses expériences, aussi l'industrie préfère les dosages chimiques par le réactif cuprotartrique.

Le réactif cuprotartrique ou réactif de Fehling, de Barreswil, etc., etc., a été tant et tant modifié qu'il faut s'arrêter à une formule définitive. C'est ce que nous avons fait, et avons nous emprunté aux différents auteurs ce qu'il y avait de bon dans leurs procédés pour en composer un qui soit aussi parfait que possible dans son ensemble.

Commençons par préparer notre réactif; pour cela nous employons la formule de Viollette.

Préparer une première solution composée de :

34gr64 sulfate de cuivre pur, cristallisé.

140 centimètres cubes d'eau distillée.

Puis une seconde solution composée de :

187 grammes sel de Seignette pur (NaO, KO, $C^8H^4O^{10} + 8HO$.)

500 centimètres cubes de lessive de soude caustique
à 24°B. ou densité = 1,199.
ou 600 centimètres cubes de lessive de soude caustique
à 22°B. ou densité = 1,180.

Verser peu à peu la première solution cuprique dans la seconde, agiter, pour dissoudre le précipité, et étendre d'eau de manière à former un volume de 1 litre à la température de 15 degrés centigrades ; 10 centimètres cubes de cette liqueur sont entièrement réduits par $0^{gr}050$ de glucose ou $0^{g}\,0475$ de sucre de canne.

M. Viollette donne une autre formule pour l'essai des sucres cristallisés, mais elle n'est pas utile pour nous. Contentons-nous de ce réactif cuprotartrique qui se conserve parfaitement dans les flacons, autant que possible, placé à l'abri de la lumière.

Mais avant d'employer le réactif il faut le vérifier. Voici comment on procède pour un titrage : prenez du sucre candi réduit en poudre, faites-le sécher avec soin, pesez-en $4^{gr}75$ qu'on introduit dans un flacon à fond plat, jaugé à 1,000 centimètres cubes ; ajoutez 500 centimètres cubes d'eau, et 10 grammes acide sulfurique pur et concentré, portez à l'ébullition pendant 15 ou 20 minutes, laissez refroidir, et quand la température est revenue à + 15° complétez le volume de 1,000 centimètres cubes.

10 centimètres cubes de cette solution sucrée doivent exactement précipiter 10 centimètres cubes de la liqueur cuprique.

Si l'épreuve est exacte, on a l'assurance d'avoir une liqueur cuprique dont chaque 10 centimètres cubes représentent exactement 0,05 de glucose ou 0,0475 de sucre de canne.

Procédons alors à l'essai des betteraves au moyen de ce réactif.

On prend une betterave moyenne, représentant à peu près l'ensemble de la récolte, on la coupe en quatre parties égales dans le sens de la longueur et vers le quart de la longueur, en commençant par le collet, on découpe un cylindre, allant de l'écorce au centre, puis, après avoir enlevé l'écorce, on en coupe des petites tranches très minces ; on en pèse 10 grammes qu'on introduit dans un ballon de 100 centimètres cubes avec 40 centimètres cubes d'eau, et 10 centimètres cubes de liqueur acide normale (acide sulfurique 49 grammes et eau pour former 1 litre), et on porte à l'ébullition en évitant que la flamme de la lampe ne touche directement le ballon. Cette ébullition doit se faire avec beaucoup de précaution pour éviter les projections ou la mousse qui se forme, on la prolonge de 15 à 20 minutes. On laisse refroidir et quand la température est à + 15° on complète le volume de 100 centimètres cubes, on agite fortement et on filtre. C'est ce liquide clair qu'on verse dans 10 centimètres cubes de liqueur cuprique en ébullition qui détermine le dosage du sucre. Suivant la quantité de liqueur sucrée employée pour précipiter le cuivre des 10 centimètres cubes de liqueur d'essai on connait le total du sucre.

En effet, s'il a fallu 7 centimètres cubes du liquide pour précipiter tout le cuivre de 10 centimètres cubes de la liqueur cuprique qui représentent 0,0475 de sucre, comme les 100 centimètres cubes de liquide représentent 10 grammes de betterave on dira, qu'ils contiennent :

$\frac{100 \times 0,0475}{7} = 0,6785$. C'est-à-dire que 10 grammes de betterave contiennent 0,6785 de sucre ou 6,785 pour cent de leur poids.

C'est un calcul facile et simple à faire. Quelques auteurs

ont donné des tables toutes faites, et nous recommandons spécialement celles de M. Viollette dans un travail sur le dosage du sucre au moyen des liqueurs titrées.

M. Aimé Girard, dans son travail sur le dosage du sucre par le procédé cuprotartrique, donne les modifications suivantes pour éviter les erreurs qui peuvent se produire aisément sur la détermination exacte de la fin de la réaction. Il s'exprime ainsi : Voici en somme, de quelle façon j'opère : le sucre réducteur est dosé directement. Dans ce but, après avoir porté à l'ébullition 100 centimètres cubes par exemple, d'une liqueur cupropotassique bien préparée et résistant à cette épreuve, j'y laisse tomber brusquement un volume déterminé de dissolution sucrée intervertie, volume tel qu'une portion seulement de la liqueur cupropotassique s'en trouve décomposée. Pendant une minute ou deux, je maintiens le mélange à l'ébullition, et aussitôt que le précipité d'oxydule de cuivre a pris la belle teinte rouge qui caractérise l'état grenu, je le jette sur un filtre à filtration rapide, et là je le lave à l'eau bouillante jusqu'à ce que l'eau de lavage n'ait plus aucune réaction alcaline. L'opération, si elle est bien conduites est d'ailleur, des plus rapides : quelques minutes suffisent pour la mener à bonne fin. Le filtre, une fois lavé, est replié sur lui-même, couché dans une large nacelle de platine, séché rapidement à la lampe à gaz et brûlé au contact de l'air ; puis après refroïdissement, la nacelle est introduite dans un tube de verre où l'on réduit l'oxyde pur par un courant d'hydrogène pur.

Le poids du cuivre donne le poids exact du sucre réducteur, sachant que 1 gramme de cuivre réduit correspond à 0gr,569 de sucre réducteur ou 0,540 de sucre cristallisable.

Ce procédé, plus long que celui de Viollette, est d'une

exactitude plus rigoureuse, mais exige une certaine adresse de manipulation.

On pourrait encore employer le densimètre pour apprécier la richesse en sucre d'un jus extrait, par presion, mais cette méthode manque de précision, car le poids indiqué ne représente pas le sucre seulement, mais toutes les matières qui y sont en suspension, puis il reste encore dans la pulpe une quantité notable de sucre, dont le distillateur tirera parti comme nous le verrons plus tard. Il existe cependant des tables assez bien faites qui donnent la richesse saccharine d'un jus selon sa densité. Néanmoins, nous pensons que le procédé cuprotartrique est encore le plus exact, soit qu'on emploie celui de Viollette ou de Aimé Girard.

SOINS A DONNER AUX BETTERAVES

CONSERVATION

Sans vouloir faire un cours complet d'agriculture, il est certaines connaissances que le distillateur ne doit pas ignorer. Une des plus importantes est bien certainement l'art de conserver les betteraves qu'il aura à employer et dont la moindre altération détruit la quantité de sucre existante. De nombreux auteurs ont écrit sur ce sujet des livres spéciaux qu'il est bon de consulter, car ils renferment des détails qui ne peuvent entrer dans un traité aussi général que celui-ci. Nous allons cependant indiquer les principaux procédés qui paraissent remplir le mieux ce but.

Ce sont : les silos, la mise en tas sur le sol, l'emmagasinage en cave ou en celliers, l'emmagasinage avec interposition de cendres ou de charbon, la dessiccation ou procédé des cossettes.

Le mode d'emploi est régi par la nature du pays où l'on se trouve, froid ou tempéré, humide ou sec.

Les silos. — La construction des silos exige un soin tout particulier, il faut premièrement choisir un terrain un peu élevé, qui soit à l'abri des invasions de l'eau ; il doit avoir environ 1m50 de largeur sur 0m75 à 1 mètre de profondeur. La longueur est déterminée par la quantité de racines qu'on a à emmagasiner. Au fond, au milieu, on fait un second petit fossé d'environ 10 à 15 centimètres de profondeur sur autant de largeur, destiné à l'écoulement des eaux pluviales qui pourraient y pénétrer et à la libre circulation des gaz qui se dégagent de cette agglomération de racines.

Une fois ces dispositions premières prises, on place les plus grosses betteraves en travers de la rigole du fond pour former une sorte de voûte, puis on range les autres avec soin de manière à remplir le silo en laissant le moins d'espace vide possible ; quand on est arrivé à rase du fossé on continue à l'élever en forme de tas de pierre ayant une inclinaison de 45 degrés et se terminant en pointe. Ce travail fait, on recouvre le tout d'une couche de terre de 30 centimètres environ, qu'on bat avec soin avec une pelle, de manière à former une sorte de toit qui met les racines à l'abri de la pluie. A chaque extrémité du silo on laisse une prise d'air qui est maintenue au moyen de planches ou de fagots, ces prises d'air laissant aux gaz produits un libre échappement, et dans les grands froids on a la précaution de les fermer pour empêcher la gelée de pénétrer.

Les betteraves ainsi disposées sur un terrain bien sec et bien recouvertes avec un libre échappement des gaz, peuvent se conserver tout le temps nécessaire à la fabrication, temps qui n'excède jamais trois à quatre mois.

Mise en tas. — La construction des silos est toujours

une opération assez coûteuse, aussi pour l'éviter on a souvent employé la mise en tas directement dans les champs ou dans les cours destinées à les recevoir.

Pour pratiquer ce mode de rangement il est quelques petites précautions à prendre. Le sol du tas doit être bien tassé et former une légère pente de chaque côté de manière à favoriser l'écoulement des eaux. Puis les betteraves de la bordure doivent être rangées comme les pierres d'un mur construit sans mortier. On les monte ainsi à environ 1 mètre ou 1m50 du sol, puis, à partir de ce moment, on lui donne une pente douce pour finir en pointe. La partie en pointe est recouverte de paille comme pour les meules de céréales pour parer aux pluies et on fait tout autour une petite rigole pour l'écoulement des eaux pluviales. Ainsi disposées elles peuvent très bien se conserver, mais il faut se méfier des gelées, car elles n'en sont point garanties. Recouvrir les tas de terre pour parer à cet inconvénient serait une grosse opération qui serait plus coûteuse peut-être que la formation des silos.

M. Decrombecque, pour favoriser l'aérage des tas d'un volume quelconque de betteraves, emploie un procédé assez simple. Ses tas sont séparés de quatre mètres en quatre mètres, pour cela il prépare des bâtis en planches de bateaux assemblées entre elles comme des calibres, elles représentent extérieurement la forme du tas. Ces calibres sont espacés les uns des autres de 8 à 10 centimètres. Les betteraves y sont rangées avec soin et on peut facilement les préserver de la gelée, soit en les recouvrant de terre, soit en masquant d'une manière quelconque les ouvertures qui donnent un trop libre accès à la gelée.

Un grand nombre de sucriers font des tas volumineux en pente très douce, ils les recouvrent d'une légère couche de paille et si l'hiver menace de devenir dur, ils



chargent sur cette paille une faible épaisseur de terre, elles se trouvent ainsi tout à fait à couvert contre la gelée.

Emmagasinage dans les caves ou celliers. — Dans les pays où l'hiver est très rude, comme dans le nord de l'Europe, la pratique des silos est presque impossible, il faut avoir recours aux caves ou aux celliers. Cela entraîne forcément à de grandes dépenses, car il y a aussi des inconvénients qu'ils faut éviter : l'humidité, le défaut d'aérage, le trop grand amoncellement.

Quand on emploie des caves il est bon que le sol soit couvert d'une bonne couche de poussière de charbon ou de mâchefer. Une pente convenable doit être également ménagée pour l'écoulement des eaux et des gaz, puis les masses doivent être séparées de distance en distance par des cloisons en planches permettant à l'air de circuler. Un amoncellement trop considérable et de l'humidité amèneraient infailliblement de la pourriture et par suite la perte totale des racines.

Dans les celliers les mêmes précautions doivent être prises, et il n'est pas rare d'obtenir de ce mode de logement un moins bon résultat qu'avec l'ensilage qui est simple et économique.

Dessiccation ou procédé des cossettes. — Le procédé de la dessiccation commence à être très employé, il présente des avantages sérieux, mais exige une manipulation assez complexe. Il faut d'abord diviser la betterave en tranches minces, puis les dessécher et les emmagasiner. Le principal avantage qui existe dans ce mode d'opérer, c'est qu'il permet de les conserver infiniment plus longtemps, puis il en facilite le transport, car elles se trouvent réduites au cinquième de leur poids.

Nous n'insisterons pas plus sur ces différents modes d'emmagasinage et passerons de suite à l'emploi des betteraves.

PROCÉDÉS D'EXTRACTION DE LA MATIÈRE SUCRÉE DES BETTERAVES ET SA FERMENTATION

Les procédés employés pour convertir le sucre contenu dans les betteraves en alcool, sont très variés; ils se divisent cependant en trois classes distinctes :

1° Par le râpage et la pression ;

2° Par la macération ;

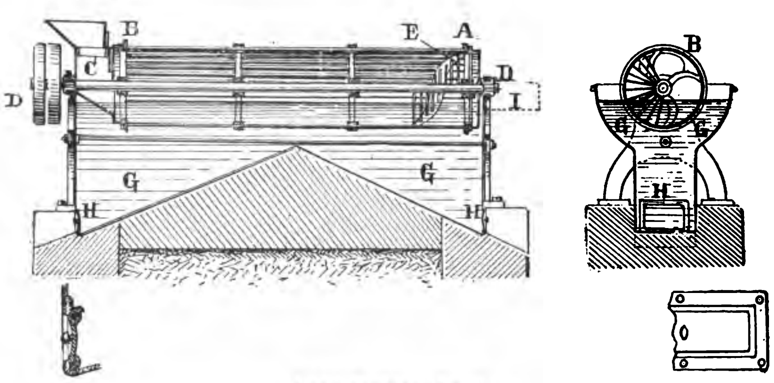
3° Par la distillation directe de la betterave divisée et mise en fermentation.

Nous allons passer successivement en revue ces trois systèmes, laissant à chacun sa part de responsabilité.

Le procédé par râpage.

Le râpage de la betterave appliqué à la distillerie est un travail tout à fait spécial qui ne peut se pratiquer que dans les grandes usines telles que les sucreries.

Cependant, nous allons en donner la description dans tous ses détails, car elle peut avoir une utilité selon les circonstances.



Lave-racines (fig. 5).

La première opération est le lavage des racines. Comme cela se pratique dans les sucreries, il se fait au moyen de

laveurs ou lave-racines mus par la vapeur ou une machine hydraulique. En voici une description sommaire que nous empruntons à M. Payen, on ne peut du reste copier un meilleur maître (fig. 5).

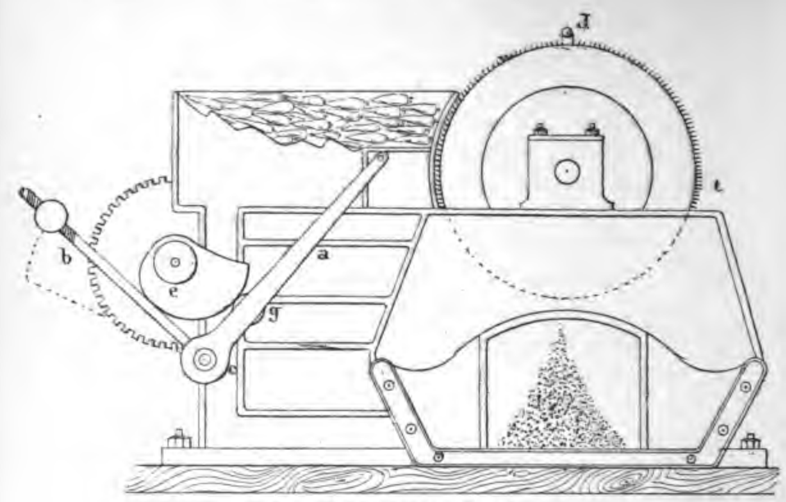
C'est un cylindre à claire voie formé de quatre croisillons fixés sur un axe et portant chacun un cercle, sur lequel sont maintenus des liteaux ou tringles en fer ou en bois, semblables en tous points aux laveurs des sucreries ou des féculeries.

Ce cylindre à demi plongé dans l'eau qui remplit une caisse, est mis en mouvement avec une vitesse de douze à quinze tours par minute ; les betteraves, jetées dans une trémie, tombent dans le cylindre dont l'axe doit être horizontal.

Elles avancent lentement dans le cylindre en se frottant les unes contre les autres et se nettoient ainsi avec une rare perfection, et lorsqu'elles arrivent au bout elles trouvent une grille en forme d'hélice où elles s'engagent et sont rejetées dans un conduit qui les mène directement à la râpe.

La râpe employée dans les distilleries est la même que celle employée dans les sucreries (fig. 6).

Les betteraves parfaitement nettoyées sont amenées par un plan incliné C dans la trémie D et tombent dans l'ouverture correspondant au pousseur mécanique B. Ce pousseur représenté à l'extrémité de sa course avance et recule alternativement, mu par un levier articulé aux deux bouts à l'aide de l'excentrique O, qui fait sept tours à la minute, agissant sur le levier intermédiaire d'un galet F. Chaque fois que l'excentrique en tournant laisse échapper son contact avec le galet, le levier est ramené en arrière par le contrepoids F du levier coudé ; en même temps le sabot, ou pousseur mécanique, B recule de 35 centimètres dans la position B', dégageant l'ouverture par



Rape à betteraves (fig. 6).

laquelle les betteraves arrivent au bout du fond de la trémie, tombent devant le sabot au moment où celui-ci, poussé par l'excentrique, vient appuyer ces racines contre la superficie armée de lames de scie qui les réduisent en pulpes d'autant plus fines que le mouvement de rotation de la râpe est plus rapide et que celui des pousseurs est plus lent. Les quatre premiers agissent successivement sur une surface de 26 centimètres chaque.

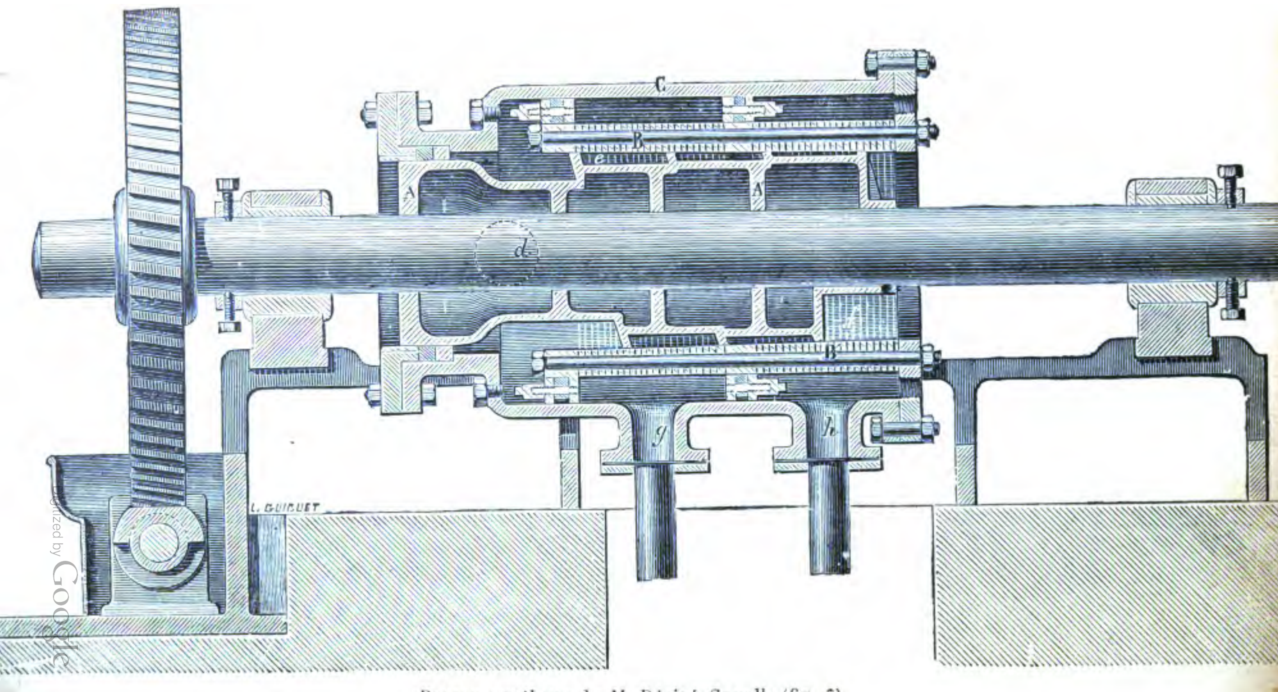
La râpe a $1^{m}30$. Une râpe de cette dimension, à quatre poussoirs, peut atteindre un travail de 250,000 kilogrammes de racines réduites en pulpe en 24 heures. Mais c'est le maximum de travail qu'on puisse lui demander.

La pulpe est reçue dans un réservoir sous la râpe, et de là elle est envoyée à la presse par différents procédés. M. D. Savalle est l'auteur d'une pompe à pulpe à double effet qui donne de très bons résultats.

Elle est répartie dans des sacs en toile contenant chacun 4 à 5 kilogrammes, on réunit environ 50 à 60 sacs qui sont séparés par des plaques ou claies trouées, puis soumis à une pression lente qu'on porte jusqu'à 800,000 kilogrammes. Ce travail dure environ dix minutes, on n'a du reste aucun avantage à le pousser plus activement, car il faut laisser au jus le temps de s'écouler, on obtient ainsi environ 90 0/0 du jus de la betterave. Les presses employées sont des presses hydrauliques dont l'effet est réglé à 800,000 kilogrammes au moyen d'un balancier à contrepoids qui se met en mouvement lorsque la pression a atteint ce chiffre.

Mais le système des presses a été depuis quelques années, je ne dis pas abandonné, mais modifié. M. Pecqueur, lui, fait passer la pulpe râpée entre deux cylindres composé de lames de bronze espacées de quelques fractions de millimètre, la pression est rapide et la pulpe aussi bien desséchée qu'avec les anciennes presses, seulement, quelques inconvénients ont été signalés au sujet de ces presses. Nous les avons vues cependant fonctionner chez M. Champonnois à Chalon-sur-Saône et le directeur de la fabrication nous semblait assez satisfait du résultat qu'elles donnaient. Plusieurs modifications ont du reste été faites à ces cylindres, comme dimension, écartement des lames et disposition des fentes qui les séparent. M. Désiré Savalle a modifié la presse Pecqueur d'une manière assez importante et nous donnons le dessin et la légende de cette presse, qui, au dire de sucriers que nous avons consultés, donne de bons résultats, résultats supérieurs à ceux de la presse hydraulique (fig. 7).

La pulpe de betterave, refoulée par une pompe, entre en *d*, s'engage sur le noyau de l'hélice *c* et y avance en diminuant de volume pour sortir au bout de la presse *f*. Le jus sort de l'enveloppe de la surface filtrante par des



Presse continue de M. Désiré Savalle (fig. 7).

conduits *g h* et se rend dans un tamiseur pour y abandonner le peu de pulpes folles qui se trouve entraînée.

Quand on emploie cette presse, il est bon de soumettre la pulpe à deux pressions. Une fois le premier jus obtenu, la pulpe est arrosée d'une certaine quantité d'eau et passée de nouveau à la presse, ce lavage enlève, on peut le dire, presque la totalité de la matière saccharine de la betterave.

Tout ce travail du lavage, du râpage et du pressurage doit se faire avec le plus grand soin et la plus grande propreté, car on sait avec quelle rapidité, sous l'influence de la malpropreté, il se déclare des fermentations secondaires, putrides, visqueuses ou autres, qui détruisent le sucre contenu dans les jus. Il ne faut donc pas craindre d'employer chaque jour l'eau de chaux pour le lavage des ustensiles en fonction dans l'usine, tels que sacs, claies, bacs, enfin tout ce qui doit se trouver en contact avec les jus.

Les jus, une fois extrait et passés sur des tamis, sont envoyés dans de vastes chaudières à serpentins et portés à une température qui varie de 20 à 25 degrés. C'est à ce moment qu'on les additionne d'une certaine quantité d'acide sulfurique avant de les envoyer dans les cuves à fermentation. La quantité d'acide à employer est d'environ 1 ^{kgr} 500 à 2 kilogrammes d'acide sulfurique par 1,000 litres de jus, ou 3 à 4 kilogrammes d'acide chlorhydrique. En passant, nous noterons ceci, c'est que l'acide chlorhydrique présente de réels avantages au point de vue de l'interversion du sucre. Car, l'emploi de cet acide a plusieurs buts qu'il est bon de décrire. Le premier est de transformer le sucre $C^{12}H^{11}O^{11}$ contenu dans le jus de la betterave en sucre $C^{12}H^{12}O^{12}$ qui seul fermente, puis de modifier les cellules et de faciliter la conversion totale du sucre, puis enfin, de précipiter certaines gommes et cer-

tains ferments gélatineux azotés qui nuisent au rendement de la fermentation.

L'addition d'acide faite, le jus amené à 25 degrés est alors additionné d'un peu de levure de bière pour favoriser la fermentation, car on a grand intérêt à ce qu'elle se fasse le plus rapidement possible. C'est toujours dans les fermentations rapides qu'on a le meilleur rendement. La quantité de levure à ajouter varie de 50 à 60 grammes par hectolitres de jus. On la délaye préalablement dans un peu d'eau à 20 degrés, puis, on la verse dans la cuve à fermentation en même temps que le jus ce qui en favorise le mélange.

Nous avons déjà décrit les cuves à fermentation, cependant nous y reviendrons encore. Les cuves à fermentation sont de vastes réservoirs en bois de 100 à 150 hectolitres de capacités. Elles doivent être munies d'un couvercle avec un regard qui permet de surveiller la marche de la fermentation, et qui laisse un libre passage aux gaz produits. Le jus doit être maintenu à une température de 20 à 21 degrés environ, il faut donc que les chambres où sont les cuves soient elles-mêmes maintenues à une température de 25 degrés au moins.

Le travail peut durer trois ou quatre jours au plus, on le surveille avec soin, et un densimètre à la main on peut s'assurer à chaque moment de l'avancement de l'opération. Ainsi, quand le poids du jus fermenté approche du zéro du densimètre en peut considérer le travail comme à peu près fini. Il y a bien encore l'emploi des réactifs qui est plus sûr, mais, le densimètre est plus rapide et plus à la portée des contremaîtres chargés de surveiller le travail.

Pour économiser la levure, qui est toujours une dépense, on emploie un procédé assez simple. Quand une cuve a fini de fermenter on la soutire avec soin, en lais-

sant au fond tout le dépôt, puis on la remplie de nouveau avec du jus sucré acidulé sortant de la presse. Le dépôt chargé de ferment se mélange avec le jus et la fermentation ne tarde pas à se déclarer. Mais, si ce procédé est économique, il présente aussi quelques inconvénients qu'il est bon de signaler.

L'introduction dans un jus nouveau, d'une trop grande quantité de ferment altéré, détermine souvent des fermentations visqueuses et lactiques. Le travail manque parfois de régularité, il commence lentement, et marche sans cette régularité qui est indispensable à tout bon travail. Enfin, il est à craindre qu'il ne se déclare des goûts nuisibles à l'alcool produit.

Quand la fermentation des cuves devient tumultueuse, et que la force du bouillonnement menace de les faire déborder, en prend une émulsion de savon vert, et au moyen d'un balais on en projette sur la surface du liquide, ce simple tour de main fait tomber immédiatement l'écume. Nous aurons, du reste, à revenir sur ce sujet.

Nous voici donc à peu près fixés sur le procédé de saccharification et de fermentation des jus de betteraves extraits par la rape et la presse. Nous allons étudier les procédés par macération qui sont nombreux et méritent une étude longue et minutieuse.

Système par macération

Le procédé de macération pour l'extraction du sucre des betteraves est un des premiers qui furent appliqués à ce genre de travail. Mathieu de Dombasle, en 1831, chercha à l'appliquer à la fabrication du sucre indigène. Il voyait en cela un avantage marqué, car il supprimait du même coup les presses et les râpes.

Puis, comme conséquence, diminution dans le person-

nel, et augmentation dans les résidus, qui, eux-mêmes, sont de meilleure qualité. Le seul inconvénient pour ce genre d'industrie qui nous occupe, c'est que les jus obtenus par macération soit à froid, soit à chaud, donnent après fermentation des alcools qui ont plus de goût de betteraves que ceux obtenus par la fermentation des jus de presse. Cependant, dans le cours de ce travail, nous aurons à revenir sur ce point qui est fort discutable, car, avant tout, il faut viser au rendement des produits, sauf à les améliorer par la suite du travail, ce qui fera l'objet d'une étude toute spéciale.

La macération se fait par différents procédés, qu'il est bon et utile d'étudier séparément. Nous laisserons de côté les travaux de nos anciens maîtres, ne voulant pas faire un historique de la distillerie, mais un traité pratique, applicable aujourd'hui avec tous les progrès réalisés. Cependant, nous ne pouvons continuer sans parler des premiers essais fait par Mathieu de Dombasle, qui préconisa le système de la macération dès 1831, et en développa tous les avantages économiques avec sa clarté et sa lucidité habituelles. Dans tous ses travaux on retrouve ce sceau du génie, qui était le caractère type de ce grand agronome. M. de Beaujean, puis M. Dubrunfaut, vinrent bientôt apporter leur puissant concours à cette œuvre, et ne contribuèrent pas peu à son développement.

Mais avant d'entrer dans la description des procédés ndustriels employés pour la macération, il est utile d'indiquer le but du travail qu'on poursuit.

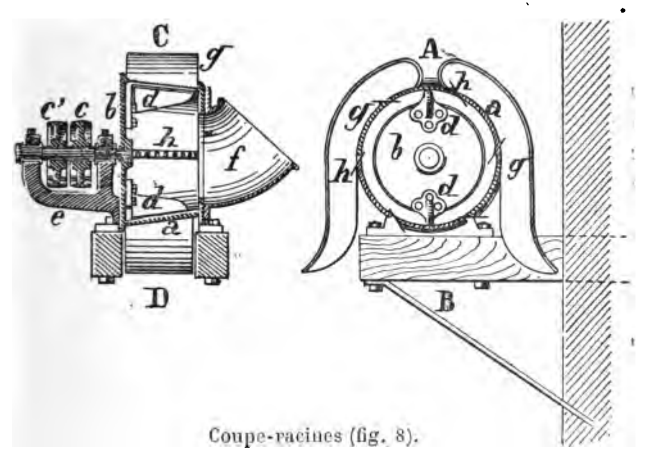
On sait que les cellules qui contiennent le jus sucré dans la betterave sont juxtaposées et adhèrent entre elles par la plus grande partie de la surface de leurs parois.

Cette conformation cellulaire et le peu d'espace des méats intercellulaires rend la pénétration de liquides étrangers très lente dans les cellules sucrées. Si donc, au moyen d'un



coupe-racine, on divise la betterave en tranches, même très minces, l'eau froide ne pénètrera que difficilement dans les tissus, elle dissoudra facilement le sucre des cellules déchirées, mais celles restées intactes présenteront une grande résistance à céder leurs matières sucrées. Il faudra obvier à cet inconvénient par un tour de main de fabrication, tour de main, que le simple raisonnement a fait trouver. Il fallait distendre l'enveloppe des cellules et élargir les méats intercellulaires; c'est au moyen de l'eau chauffée à 90 ou 100 degrés qu'on y est arrivé.

En effet, le mouillage par l'eau chaude des betteraves



Coupe-racines (fig. 8).

divisées par le coupe-racine en tranches minces, a pour propriété de distendre les tissus, les cellules se gonflent et finissent par se déchirer, et cèdent toutes leurs matières saccharines à l'eau de macération, qui, plusieurs fois renouvelée, fini par enlever tout le sucre existant, et opérer une extraction complète de toute la matière.

C'est donc sur ce point théorique qu'est basée toute la fabrication par la macération. Cela connu et admis, il en

nous reste plus qu'à étudier les différents procédés employés et leurs avantages réciproques.

Nous commencerons par étudier le procédé indiqué par M. Dubrunfaut en 1855. Les appareils employés par ce savant auteur se composent : d'un coupe-racine dont voici la description (fig. 8) :

Cet ustensile se compose d'un tambour horizontal un peu conique, ayant 42 centimètres de diamètre intérieur moyen, fixe et armé de six lames; deux palettes mues directement, avec le disque qui termine l'arbre tournant, et sans le secours d'engrenages, dans l'intérieur du tambour, impriment aux betteraves un mouvement de rotation et les obligent, par l'effet de la force centrifuge, à s'appuyer fortement contre les lames du tambour fixe : ces racines sont ainsi rabotées ou découpées régulièrement en lanières de 8 à 10 millimètres de largeur sur 1 millimètre à 1 m/m 1/2 d'épaisseur. Avec une vitesse de rotation de 300 tours à la minute, on peut facilement découper 2,000 kilogrammes de betteraves en 25 minutes, ce qui fait qu'en 24 heures il pourrait en découper 100,000 kilogrammes avec l'emploi de la seule force d'un cheval vapeur.

Légende

a a. Tambour fixe en fonte portant six lames crenelées, fixées dans les six rainures comme des lames de rabots.

b. Disque mobile commandé par la poulie C imprimant aux betteraves un mouvement rotatif et centrifuge de 300 tours par minute à l'aide des deux ailettes *d*, *d* fixées sur le disque.

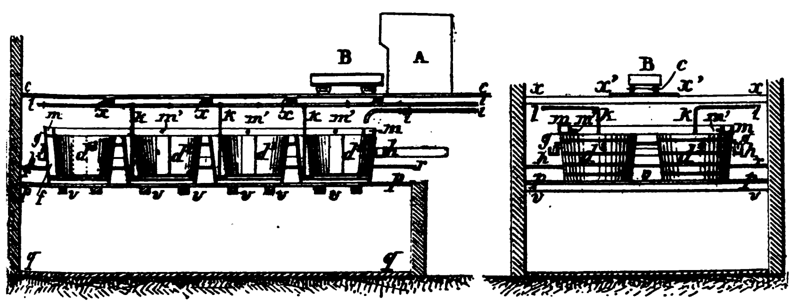
c'. Poulie folle.

e. Porte-palier fixé au tambour par trois boulons.

f. Trémies dont l'ouverture présente un diamètre de 30 centimètres.

g. Enveloppe en tôle mince destinée à diriger en bas les rubans projetés contre les parois.

Ce coupe-racine paraît avoir obtenu l'approbation d'un grand nombre d'industriels par l'excellent travail qu'il donne.



Cuves à macération (fig. 9).

Voici maintenant la description de l'appareil de macération (fig. 9) :

b. Un chemin de fer sur lequel sont chargées les racines coupées et qui les mène aux cuves de macération.

d' à d^8. Cuviers de macération en bois munis de double fond percés de trous.

f. Conduits verticaux en bois communiquant avec le fond du cuvier. Près de la partie supérieure de ce conduit se trouve un robinet *g*, par lequel s'écoule le jus de macération après avoir passé sur le dernier cuvier. Le liquide coule alors dans le conduit *h*, pour se rendre aux cuves de fermentation.

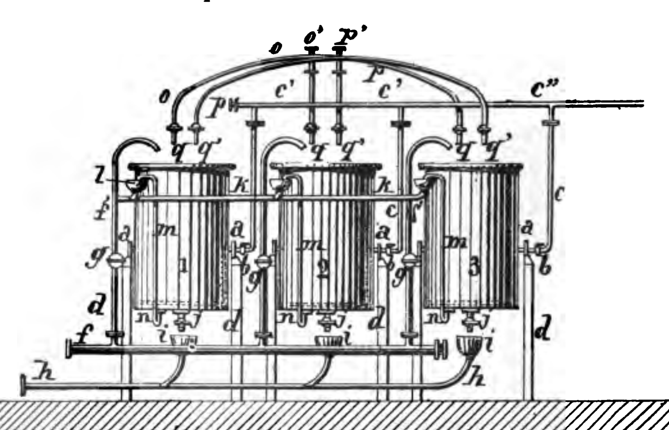
j. Tube pour alimenter d'eau l'appareil macérateur, portant un robinet *i'*, l'eau arrive dans le conduit *m*, et se verse dans les macérateurs, un tampon *m'* sert à le fermer.

l. Conduite de vapeur sur laquelle s'embranchent les

barboteurs *k*, qui plongent jusqu'au fond des cuves dans les conduits *f*.

Voici comment fonctionne ce système de macération.

On emplit le premier cuvier de betteraves découpées, puis on le remplit d'eau en interceptant le conduit C qui mène au second cuvier, à ce moment on fait barbotter la vapeur dans le cuvier de manière à porter l'eau à l'ébullition, quand elle est arrivée à ce point, on ouvre le conduit E et on introduit de nouvelle eau dans le premier cuvier, cette eau alors déborde et, par ce même conduit E, se rend toute bouillante dans le deuxième cuvier préalablement rempli de betteraves découpées, on opère ainsi de suite pour les huit cuviers composant la batterie de fermentation et quand on est arrivé au huitième cuvier



Macérateur Egrot (fig. 10).

on vide le premier qu'on remplit de betteraves neuves et on les mouille avec le jus de la huitième cuve, eau qui a déjà passé sur sept cuves. On le laissera alors s'écouler dans le caniveau H. Le jus du cuvier 2 sera versé par débordement dans le cuvier 1, le 3 dans le 2, et ainsi de

suite, il s'établira un mouvement de rotation qui fera que les jus ne seront envoyés aux cuves à fermentation qu'après avoir passé huit fois sur des charges de betteraves. Par ce mouvement de charge et de décharge non interrompu, on pourra, avec une batterie de huit cuviers de 450 kilogrammes de charge par mètre cube, obtenir 21,600 litres de jus.

Nous ne nous étendrons pas plus sur ce procédé, mais il a rendu de grands services et a été fort apprécié dans son temps.

M. Egrot, en 1854, construisit un système de macération très commode qui remplissait les conditions suivantes : 1° chauffer le liquide des macérateurs à l'aide de la vapeur; 2° vider presque instantanément les pulpes contenues dans ces mêmes macérateurs.

Voici la description de cet appareil (fig. 10) :

1. 2. 3. Macérateurs en tôle à deux faux fonds percés de trous et séparés du fond fixe de 15 centimètres sert à recevoir la betterave, l'autre, en forme de grille, muni de poignées, sert à presser la pulpe pour l'empêcher de remonter.

a. Coussinets supportant les macérateurs et leur permettant de pivoter sur leurs axes.

b. Robinets au moyen desquels, ainsi que par le tuyau principal de vapeur *c'*, et les tuyaux d'embranchement *c*, on introduit la vapeur dans les vases macérateurs. A cet effet, se trouve placé intérieurement un tuyau plongeur *e'* faisant un tour un peu au-dessus du fond des macérateurs, lequel tuyau, étant percé de trous dans son pourtour et dans sa longueur, facilite le barbottage et la division de la vapeur dans toute la masse.

d. Poteaux servant à soutenir ces macérateurs.

f. Tuyau communiquant avec le monte-jus, sur lequel sont branchés trois tuyaux *f'* recourbés qui viennent

déverser le liquide dans les macérateurs *g*, robinet qui sert à les ouvrir ou les fermer selon les besoins.

h. Tuyau principal de dégagement servant à manœuvrer des jus faibles.

j. Robinet de décharge.

k. Tuyau de sortie des jus forts.

m. Tuyau de déplacement.

o. Tuyau amenant les eaux de macération.

p. Tuyau servant à distribuer les jus faibles.

La mise en train de cet appareil ressemble beaucoup à celle que nous avons précédemment décrite dans l'appareil de Dubrunfaut, seulement la manœuvre y est extrêmement simple et permet aux opérateurs de disposer comme ils veulent de la température qui, au moyen des jets de vapeur, se régularise aisément. Les jus sont déplacés avec une rapidité extrême au moyen du monte-jus, ils sont, de plus, filtrés, ce qui est un avantage, car à la fermentation ils donnent fort peu de dépôt. On sait, du reste, qu'un jus bien pur, en fermentant, donnera des produits moins chargés de goûts empyreumatiques que des jus trop chargés de débris de pulpes et autres corps étrangers.

Les bas produits de la fabrication, les pulpes, sont également dans de bonnes conditions et très favorables à l'alimentation des animaux.

En somme, l'appareil de M. Egrot se recommande par la facilité des manœuvres et leur rapide exécution. Le prix de la première mise de fonds, qui est assez considérable, est peut-être le seul obstacle qui fait que les exploitations agricoles lui ont souvent préféré d'autres systèmes moins coûteux d'installation.

Le procédé Champonnois, qui a eu tant de succès en France, surtout dans les distilleries agricoles, n'est autre chose qu'une heureuse modification du système de

Mathieu de Dombasle. Ainsi, au lieu d'employer l'eau chaude pour opérer la macération, il se sert des vinasses qui sortent des appareils à distiller.

Cette méthode présente plusieurs avantages, le premier, économie de combustible, car en versant les vinasses chaudes sur les betteraves, on évite l'emploi du combustible nécessaire pour élever la température de l'eau de macération. Puis, économie d'eau, point important dans certains pays où elle est souvent assez rare. Puis enfin, le fait le plus important à notre point de vue, c'est que les vinasses, en passant sur de nouvelles betteraves fraîches, par suite de l'endosmose, abandonnent la plus grande partie des matières salines dont elles sont chargées et prennent en échange le sucre, ce qui fait que les pulpes, après l'abandon de la matière sucrée, se voient restituer leurs principes salins, qui sont indispensables à l'alimentation des animaux.

Cette modification de la macération est un grand progrès dans la distillerie agricole, aussi ce genre d'industrie a-t-il pris un grand développement.

Le *modus operandi* du système Champonnois est comme tous les autres, un système à macération continue, seulement l'auteur y a apporté une autre modification. Les cossettes, ou betteraves coupées, au sortir du coupe-racine, sont entraînées dans une hélice chargée d'eau acidulée, composée de 2 litres d'acide sulfurique et 200 litres d'eau par 1,000 kilogrammes de betteraves. Par le mouvement de l'hélice, elles se saturent de cette eau acidulée qui a pour propriété d'empêcher l'altération des matières saccharines et rend la macération plus facile.

Les macérateurs ont une capacité de 550 litres, on y fait arriver 200 litres de vinasse à 90 ou 100° et on laisse macérer une heure, on soutire le liquide qu'on

verse sur un deuxième macérateur, on soutire de nouveau et on verse sur un troisième macérateur, tandis que sur le premier on a versé deux nouvelles charges de vinasse. On tire ainsi de trois heures, puis ensuite toutes les heures, 250 litres de jus sucré, propre à la fermentation. En établissant ainsi un roulement sur les trois macérateurs, on a un épuisement continu des cossettes qui permet une fabrication continue qui fonctionne dans les meilleures conditions.

Comme je l'ai dit, ce procédé simple, qui ne nécessite aucun matériel de machines, est des plus pratique pour l'industrie agricole, il exige peu de place et est d'une manœuvre simple et à la portée de tout le monde. De justes récompenses ont été données à ce système que nous ne saurions trop recommander pour les petites exploitations.

Macération des betteraves, système Savalle

Les betteraves sont lavées avec soin dans des appareils spéciaux, appelés lave-racines, puis de là amenées au coupe-racines qui les réduit en tranches minces. Elles sont conduites alors dans les macérateurs où elles ne doivent pas rester exposées à l'air. Elles sont immédiatement couvertes soit d'eau chaude ou mieux de jus faible. Elles sont ainsi abandonnées à elles-mêmes pendant trois heures pour que le liquide ait bien le temps de dissoudre tout le sucre de la betterave. Une heure et demie après l'emplissage du premier macérateur, on charge le second de cossettes et ainsi de suite toute la série.

Quand le premier macérateur a eu ses deux ou trois heures de macération, on alimente du jus faible à sa partie supérieure et le jus à fort degré sort à la partie inférieure pour se rendre par trop plein aux cuves de

fermentation; on alimente ainsi de 4 1/2 à 5 litres de liquide par minute pour chaque mille kilogrammes de betteraves contenus dans le macérateur. Ce travail dure environ 4 h. 1/2. Pendant ce temps, le jus baisse de degré et n'est plus que de un ou une fraction de degré supérieur au degré des sels contenus dans les vinasses.

On met alors le macérateur en communication avec la pompe à jus faible et on y coule de la vinasse en ayant soin de le maintenir toujours plein; au bout d'une demi-heure les cossettes sont épuisées. On enlève tout le jus à la pompe et on n'a plus qu'à le recharger.

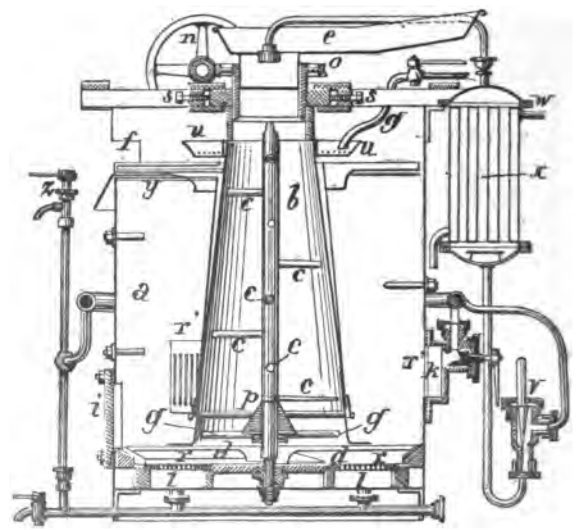
Le jus faible de ce premier macérateur est employé au travail du second, et de celui-ci au troisième et ainsi de suite. Les jus sont alors dirigés sur les cuves à fermentation.

M. Robert de Séelovitz qui, par ses travaux, a donné une vive impulsion aux procédés de macération ou de diffusion, a construit un appareil que nous croyons devoir décrire en détail. Nous empruntons à M. Paul Horsin-Déon sa description (fig. 11).

La betterave est coupée en cossettes de 10 à 15 millimètres de largeur et de 1 à 2 millimètres d'épaisseur; elle tombe dans l'entonnoir *e*, puis dans le vase *b*, ou large tube conique vertical, ouvert aux deux bouts, plus large en bas qu'en haut. Le vase *b* est renfermé dans un vaste bac *a*, mais il y a un large espace entre le fond de *a* et la partie supérieure de *b*; *a* est plein de liquide aussi bien que *b*, en sorte que la cossette qui tombe par *c* nage dans le liquide, et y est mise en mouvement continuel, vu que le vase *b* est monté sur un axe central autour duquel il tourne par l'intermédiaire d'une roue dentée *o* et d'une vis sans fin *n*. L'axe, qui est fixe, porte des palettes *c* immobiles, tandis que le cône est muni des palettes mobiles dont les unes *d* forcent les cossettes à passer de *b* en

a, et les autres *h* jettent en dehors par l'ouverture *f* les cossettes qui ont remonté dans le vase *a* et se trouvent épuisées comme nous allons le voir.

Les cossettes fraîches tombent en *e* en même temps que du jus faible dont nous allons voir l'origine et qui s'enrichit



Appareil de diffusion de R. de Séelovitz (fig. 11).

immédiatement au contact des cossettes et descend avec elles au bas du tube conique. D'un autre côté, un tuyau *g* fait couler de l'eau à 30 ou 35 degrés dans le vase percé de trous *u* qui égalise la chute de l'eau, sur toute la surface du vase *a*. Elle rencontre la cossette presque épuisée qui va s'échapper en *f* dont elle dissout le sucre et descend en sens contraire de la pulpe qui monte et s'épuise à son contact. Cette eau, qui devient jus faible, arrive en *r'r'* en face de larges ouvertures grillagées derrière lesquelles un aspirateur *v* opère la succion continue et s'y précipite, puis est renvoyé, par le même appareil qui

forme injecteur, dans le réchauffeur *x* et de là à la partie supérieure des cossettes fraîches par le tube *g* et la partie inférieure du vase *b*, elle est devenue jus concentré, et, au lieu de suivre le mouvement ascensionnel de la pulpe, elle s'écoule naturellement par les ouvertures grillagées *r*, s'échappe par le faux fond *l*, le tuyau *m* et la soupape *z*, ce qui fait équilibre constant des liquides dans le fond du vase *a* entre les ouvertures *r* et *r'* et permet la circulation des cossettes par voie d'épuisement.

Cet appareil de macération, qui n'est autre chose qu'un diffuseur, a été inventé pour le travail des sucreries, mais son application dans les distilleries se trouve tout indiqué et nous ne doutons pas qu'il ne puisse rendre de grands services. La manœuvre en est facile et n'exige pas une très grande force.

Nous ne parlerons que pour mémoire du procédé de macération dit : *macération à froid*. Les betteraves, après avoir été lavées, sont coupées en tranches minces, puis mises à macérer dans des cuves avec de l'eau froide additionnée d'acide sulfurique dans la proportion de 2 à 3 kilogrammes par 1,000 kilogrammes de betteraves employées. La durée de la macération est naturellement plus longue qu'à l'eau chaude, elle doit durer au moins deux heures. Le jus est alors retiré et versé sur une nouvelle cuve de betteraves fraîches, il y séjourne deux heures, pendant que la première cuve a été rechargée d'eau fraîche, après ce temps le jus de la deuxième cuve passe sur la troisième, celui de la première sur la deuxième et ainsi de suite, de manière à ce que toutes les deux heures les jus soient déplacés et passent dans les trois cuves successives. On établit ainsi un roulement comme pour l'appareil de M. Egrot ou Champonnois. Mais ce jus, après avoir été saturé de sucre, arrive froid aux cuves de fermentation, ce qui n'est pas admissible, il faut alors le

chauffer par un moyen quelconque à plus de 23 à 25 degrés sous peine d'avoir des fermentations incomplètes. L'économie de travail du chauffage est donc nulle et ne présente aucun avantage.

Reste la question de la pulpe, nous aurons occasion de revenir sur ce chapitre d'une manière plus spéciale.

Enfin, un dernier procédé à examiner, c'est celui de la *macération des cossettes*. Les cossettes sont des betteraves coupées en tranches minces et desséchées par différents procédés que nous n'examinerons pas, car ils ressortent du cadre de ce travail, nous mentionnerons seulement celui qui nous a semblé le plus pratique, c'est le découpage des betteraves en tranches de 1 à 2 millimètres d'épaisseur et de déposer ensuite ces tranches sur des toiles métalliques dans des étuves à fort courant d'air chaud.

Au point de vue économique, l'étude de la question est également assez facile. Quel est le but de la fabrication des cossettes, c'est d'en emmagasiner de grandes quantités possibles qu'on pourra travailler lorsque la saison des betteraves fraîches sera passée, et pouvoir utiliser ainsi des jours de chômage, qui sont forcés, à la fin des saisons ordinaires. Mais, au point de vue du prix de revient de l'alcool, il est incontestablement supérieur à celui obtenu par les autres procédés; en effet, il y a en plus, à ajouter aux frais, la fabrication des cossettes. Nous ne voyons donc aucun avantage dans ce système si ce n'est dans les années où, pressé par l'abondance des matières à traiter, on craint de trop grands retards qui amèneraient la perte d'une partie des produits et qu'on voudrait, par ce procédé, en assurer la conservation. Seulement, c'est toute une installation que l'organisation des étuves à séchage.

Maintenant le procédé de macération des cossettes se

pratique comme suit : On commence par les disposer dans des cuves en bois où elles doivent absorber une certaine quantité d'eau ayant pour but de les ramener presque à leur premier état, puis, une fois qu'elles sont suffisamment imbibées de cette eau, elles sont versées dans les macérateurs ordinaires et traitées à chaud, ce qui, du reste, est préférable et plus rapide. De plus, la quantité d'acide sulfurique à employer doit également être moins forte, l'inversion du sucre se fait plus facilement avec les cossettes qu'avec la betterave fraîche.

La pulpe provenant des cossettes ne diffère que fort peu de celle des betteraves sèches.

Voici les différents modes employés pour traiter le sucre des betteraves par les procédés de macération. Nous allons étudier maintenant l'emploi des résidus, pour la fermentation de ces jus.

Emploi des résidus de la betterave pour l'alimentation des animaux

La pulpe, provenant des différents procédés mis en œuvre, pour l'extraction du sucre de la betterave, a un emploi immédiat, c'est la nourriture ou, pour mieux dire, l'engraissement des animaux destinés à la boucherie, car, comme nourriture pour des animaux astreints à un travail de force, cet aliment est insuffisant quoique mélangé avec d'autres ingrédients. Nous allons cependant étudier les différentes pulpes, car selon le mode de fabrication employé, elles diffèrent de qualité et de puissance nutritive :

Origine de la pulpe	Poids	Matières sèches	Eau	Azote 0/0
Pulpe de râpe à presse. .	100k	36.2	63.8	0,4669
Pulpe champonnois. . .	100	11.3	88.7	0,2899
Pulpe de macération à froid	100	7.4	92.3	0,1216

Il résulte de ce tableau que les pulpes les plus riches, tant en matières azotées, qu'en sucre, sont les pulpes de râpe et de presse, puis les pulpes du système champonnois et enfin celles de macération à froid.

Les pulpes de diffusion, elles, viennent en dernier sous le rapport de la matière sucrée, ce sont les mieux épuisées.

Il y a donc à prendre en grande considération l'origine de la pulpe lorsqu'on veut l'employer à l'alimentation des animaux, car non seulement leur richesse nutritive est très variable, mais elles ont encore des propriétés hygiéniques assez différentes. Ainsi, les pulpes provenant de la macération à chaud par les vinasses sont très chargées de sels et possèdent une propriété relâchante dont il faut tenir compte vis-à-vis des animaux. La pulpe de râpe et de presse est incontestablement la plus profitable pour le cultivateur, mais plus l'industrie des alcools avancera, moins on en fera, car il y a une perte sensible de sucre pour le fabricant.

Les pulpes s'emploient pour l'alimentation du bétail, mais pas pure, elles sont mélangées avec environ deux fois leur volume de foin et de paille hachée et dans les proportions de 15 à 20 kilogrammes par bœuf de travail et de 50 kilogrammes pour les bœufs à l'engrais.

Les vaches, elles, peuvent en consommer de 25 à 30 kilogrammes et les moutons de 9 à 10.

Il est cependant quelques observations à faire à ce genre d'alimentation, observations toutes physiologiques, car pour la question technique nous laissons aux cultivateurs le soin de l'employer comme bon leur semble, nous n'avons nullement l'intention de faire ici un cours d'agronomie, nous relatons simplement un fait.

Les animaux destinés à la boucherie, engraissés au moyen de la pulpe ne donnent pas une viande aussi ferme et aussi délicate que ceux nourris par les anciens procé-

dés et la betterave telle quelle. Cela se conçoit facilement, la drèche, en effet, a perdu la plus grande partie de ses matières saccharines et de ses sels, elle ne peut donc pas donner les résultats d'alimentation de la racine elle-même. L'animal devient gras, mais cette graisse a encore des propriétés spéciales qui font que les hommes du métier reconnaissent facilement les viandes provenant d'animaux soumis à tel ou tel régime.

Malgré cela, l'emploi des drèches a permis d'arriver à une certaine diminution dans les frais de fabrication et d'augmenter les bénéfices du distillateur, c'est à ce point de vue qu'il faut en prendre grande considération.

De la fermentation des jus obtenus par macération

Les jus obtenus par macération sont immédiatement soumis à l'action de la fermentation, car si le moindre retard est apporté à ce travail, il se déclare des réactions acides et des fermentations secondaires qui occasionnent la perte d'une partie des produits.

On commence par porter ces jus à une température de 18 à 22 degrés, puis on les additionne de 2 1/2 à 3 millièmes d'acide sulfurique pour une richesse de 2 1/2 à 3 degrés au densimètre. Quand l'acide a agi, c'est-à-dire une heure environ après, on ajoute de la levure de bière et l'action de la fermentation se déclare immédiatement. Quand le travail semble fini, ce dont on s'assure par les procédés saccharimétriques que nous avons donnés, on soutire environ la moitié ou les deux tiers de la cuve qu'on envoie à la distillation et on recharge la cuve sur ce qui restait de liquide en fermentation, seulement le liquide qu'on amène doit au préalable avoir été additionné d'acide pour intervertir le sucre. Ce liquide sucré interverti en présence du reste de liquide en fermentation se met à fer-

menter à son tour et on peut ainsi, au moyen de plusieurs cuves qu'on vide au deux tiers et qu'on remplit successivement après fermentation avec du jus neuf acidulé, établir un roulement continu sans employer de levure de bière, si ce n'est pour la mise en train. Il y a là une grande économie, mais par contre, on est astreint à un travail qui doit marcher sans interruption aucune sous peine de voir une cuve arrêtée tourner de suite à l'acide.

Ce système de roulement continu, dans la marche de la fermentation ne présente aucune difficulté pour les usiniers qui opèrent par les procédés de macération ou de diffusion, car l'extraction du sucre se fait par ce même procédé de roulement et sans interruption aucune.

Je ne crois donc pas qu'il y ait à insister plus longuement sur ce point, si ce n'est pour conseiller aux industriels d'apporter la plus grande surveillance à leurs cuves à fermentation, à leur propreté et à maintenir toujours une température constante et à l'abri des courants d'air qui ont généralement une influence fâcheuse sur cette réaction vitale.

FERMENTATION ALCOOLIQUE DES GRAINS

Nous avons étudié, dans le chapitre de la saccharification, tous les procédés employés anciennement et actuellement pour convertir la matière amylacée des céréales en sucre ou glucose susceptible de fermenter, il ne nous reste plus qu'à examiner les procédés les plus avantageux pour en opérer la fermentation. Cette opération est assez délicate et exige une surveillance spéciale et des soins de tous les instants, car de leur bonne conduite dépend en grande partie le rendement en alcool du produit exploité.

La fermentation peut se faire de différentes manières,

soit qu'on ait obtenu des jus entièrement composés de glucose, soit qu'on ait laissé ensemble le résultat complet de la saccharification ; dans tous les cas, il faut avant de mettre la masse en travail l'étendre d'eau chaude, de manière à ce que le liquide n'ait pas une densité supérieure à 6 à 8° beaumé et la température doit être maintenue dans les environs de 25° centigrades. On ajoute alors de 2 1/2 à 3 kilogrammes de levure fraîche par 100 kilogrammes de fécule.

La fermentation se déclare rapidement, c'est alors qu'il faut veiller avec soin à ce qu'il ne se produise aucun changement de température, ni de courant d'air, qui pourrait entraver le travail des ferments, êtres délicats, que la moindre perturbation dans le milieu où ils agissent, vient ralentir leur ouvrage et a souvent pour conséquence une perte sérieuse dans le rendement, par suite de la production des fermentations secondaires qui absorbent une partie de la matière sucrée et diminuent la somme d'alcool produite.

La densité du milieu, où s'opère la fermentation, a une influence sensible sur le rendement en alcool; ainsi, pour 100 kilogrammes de grains, la somme d'eau employée doit être de 11 hectolitres. La diminuer est une erreur qui se traduit toujours par une diminution de rendement.

Les écarts sont de 45 à 60 litres d'alcool à 19°.

Il ne faut pas non plus que la fermentation soit poussée trop vivement, quatre à cinq jours sont nécessaires pour l'accomplissement de cette transformation, cependant, dans les pays chauds, elle peut être moindre. Du reste, le distillateur a un moyen bien simple de s'assurer rapidement de l'état d'avancement de ses cuves à fermentation, c'est le réactif cuprotartrique. Il suffit de filtrer un peu de jus en fermentation, le faire bouillir dans un tube en verre et d'y jeter quelques gouttes du réactif, s'il n'est

pas réduit, c'est que tout la glucose est transformée, dans ce cas le liquide conserve la couleur bleue du réactif.

En somme, la fermentation des cuves de jus saccharifiés doit se conduire à peu de choses près comme s'il s'agissait du vin et les mêmes précautions doivent être prises; je dirai même qu'elles doivent être exagérées, car on se trouve en présence d'une matière beaucoup plus délicate et susceptible d'une foule d'altérations qui ne se produisent pas dans les moûts de raisins.

FERMENTATION DES POMMES DE TERRE

La mise en fermentation des pommes de terre se pratique comme pour la betterave, soit qu'on opère directement sur la masse saccharifiée par les acides, soit sur la fécule, comme il a été dit pour les grains. L'opération se fait toujours au moyen de la levure de bière et dans les mêmes conditions. Le point important à observer, est que toute la fécule soit bien transformée en glucose et que le jus obtenu ne soit pas d'une densité supérieure à 6 à 8° beaumé. Les mêmes conditions de travail doivent être observées.

Il en est de même de toutes les matières employées, et une étude spéciale pour chacune n'a pas sa raison d'être. Il faut toujours observer les mêmes principes et ne jamais s'en écarter, jus dilués au degré voulu, maintien de la température vers 25° et conditions indiquées plus haut. Ces principes sont invariables, quelle que soit la nature du principe qu'on met en fermentation.

LES MÉLASSES

La mélasse est le sirop incristallisable qui se produit dans la fabrication du sucre, soit de canne, soit de bette-

rave et dans la raffinerie. C'est un liquide brun, visqueux, d'une densité variant entre 40 et 50° beaumé, il est très chargé de sucre incristallisable $C^{12}H^{12}O^{12}$. Sa saveur dépend beaucoup de son origine. S'il provient de la canne à sucre il est agréable au goût et a longtemps été consommé tel que, s'il provient de la betterave il est désagréable, rappelant avec exagération celui de son origine; quand à celui des raffineries c'est le plus inférieur.

Au point de vue du rendement en alcool, les mélasses se classent ainsi. Mélasses des fabriques de sucre de canne et de leur raffinage, mélasses de sucre de betterave et celles des raffineries du même sucre, mais qui sont bien inférieures comme rendement en alcool bon goût.

Ce produit devait naturellement appeler l'attention des distillateurs et c'est sur lui que s'exerce la plus grande production d'alcool de nos pays, surtout depuis que la distillation des vins est devenue impossible par suite de son prix élevé.

Le mode de traitement de ce produit se pratique comme suit : On commence par étendre la mélasse avec de l'eau jusqu'à ce que sa densité soit de 1055 à 1060. On porte la température à 22° environ en été, 24° en hiver, puis comme elle est toujours alcaline, pour en favoriser la conservation, on l'acidifie, on y ajoute de la levure de bière et on met en fermentation.

Les proportions d'acide et de levure généralement employées sont les suivantes :

Pour 100 kilogrammes de mélasse à 41° beaumé et dilués au point voulu on ajoute :

1 kgr. 500 de levure pressée fraîche.

1 kgr. 500 d'acide sulfurique à 66°.

Cette proportion d'acide est généralement employée, elle est la conséquence de nombreuses observations, et a pour but d'assurer une fermentation régulière, s'opposer

à la production d'acides organiques. On a fait quelques objections à ce dosage, mais il est resté employé dans la plupart des distilleries, comme répondant le mieux aux besoins du travail.

La mélasse ainsi diluée, acidifiée et mêlée de levure est mise en fermentation avec toutes les précautions que nous avons déjà indiquées.

Aujourd'hui on a un peu modifié ce mode de travail, le moût additionné d'acide et de levure est versé petit à petit dans une certaine quantité de jus fermenté, provenant d'une cuve en pleine fermentation, par ce nouveau mode on obtient une fermentation plus complète et plus rapide.

Un point important à examiner, c'est le résidu salin obtenu après la distillation du jus fermenté de la mélasse, par anticipation du travail de la distillation, nous allons étudier cette question.

M. Camichel et Henriot, pour augmenter le rendement en carbonate de potasse des vinasses, emploient l'extrait de châtaigner en remplacement de l'acide sulfurique reconnu surabondant à la neutralisation de l'alcalinité des mélasses. Supposons par exemple, que l'on emploie 1 1/2 d'acide sulfurique pour 100 kilogrammes de mélasse, et que cette mélasse exige seulement pour la neutraliser 1/4 pour 100 d'acide, ils limitent alors là l'emploi de l'acide sulfurique et remplacent par de l'extrait de châtaigner le 1/4 nécessaire pour assurer la marche normale de la fermentation.

On sait d'ailleurs, que 100 kilogrammes d'acide sulfurique à 66° beaumé, en se combinant avec la potasse, produisent 178 kilogrammes de sulfate de potasse, ce qui occasionne une réduction correspondante de 141 kilogrammes de carbonate de potasse.

Voici du reste un tableau qui donne les différences de rendement avec ou sans extrait de châtaignier.

ÉLÉMENTS	Salins de mélasse du midi		Salins de mélasse du nord	
	Acide sulfurique.	Extrait de châtaig.	Acide sulfurique.	Extrait de châtaig.
	—	—	—	—
Carbonate de potasse..	19.55	33.30	36 93	47.03
Sulfate de potasse.....	19.95	15.30	16.02	6.37
Carbonate de soude....	12.43	12 30	11.63	12·07
Chlorure de potassium.	16.70	17.70	13.64	16.29
Résidus..	23.62	18.90	16 93	14.63
Eau et pertes.........	7.65	2.60	4.86	3.61
	100 »	100 »	100 »	100 »

L'examen de ce tableau ne laisse aucun doute sur l'avantage de l'emploi de cet agent.

Un nouveau progrès a été fait dans la distillerie des mélasses et qui donne pour résultat une grande économie dans l'emploi de la levure de bière, voici comment ils procèdent. Dans une ou plusieurs cuves à saccharifier ils réduisent à l'état de sirop par une cuisson prolongée, en présence de l'eau et de l'acide sulfurique, soit des grains, soit des résidus de féculerie de pomme de terre.

Ces sirops sont ajoutés aux fermentations de mélasse et fournissent à celle-ci la majeure partie de la levure et l'acide nécessaire à un bon travail.

La proportion de grains quelconques employée est d'environ 10 °/₀ du poids de la mélasse, cette proportion peut être augmentée sans inconvénient, c'est une simple question de calcul de prix de revient.

Dans ce mode d'opérer, non seulement on y trouve une économie de levure, mais le résidu de la distillation fournit un excellent engrais très recherché et dont la vente compense largement la dépense faite. M. Tilloy-Delaume de Courrières a pris un brevet, intéressant à consulter, sur ce sujet.

CHAPITRE V

Pratique industrielle de l'alcoolisation. — Fabrication des alcools de vin, de marc, de cidre, de bière, de poiré. — Extraction de l'alcool des jus de betteraves. — Extraction directe de l'alcool de la betterave. — Des matières pâteuses. — Des mélasses. — Fabrication du rhum. — Utilisation des résidus de la distillerie.

EXTRACTION DE L'ALCOOL

ALCOOLS DES VINS

Le vin est un des premiers produits dont on ait eu l'idée de retirer l'alcool, mais pendant bien des siècles, les procédés furent des plus primitifs ; déjà, dans l'exposé des origines de l'alcool, nous avons décrit les premiers appareils en usage ; aussi, nous ne reviendrons pas sur ce sujet, nous bornerons notre travail à la description des procédés les plus nouveaux, car seuls ils ont un intérêt pour nous.

Les alambics simples résistent cependant encore dans les vignobles des Charentes où se fait le cognac, dont la réputation remonte loin. Ces appareils ont un grand inconvénient, tout passe ensemble à la distillation, il est difficile de fractionner les produits ; de plus, l'opération se fait à feu nu, ce qui est défectueux à différents points de vue.

Voici le procédé encore en usage dans ce pays :

On se sert d'un alambic simple muni d'un chauffe-vin

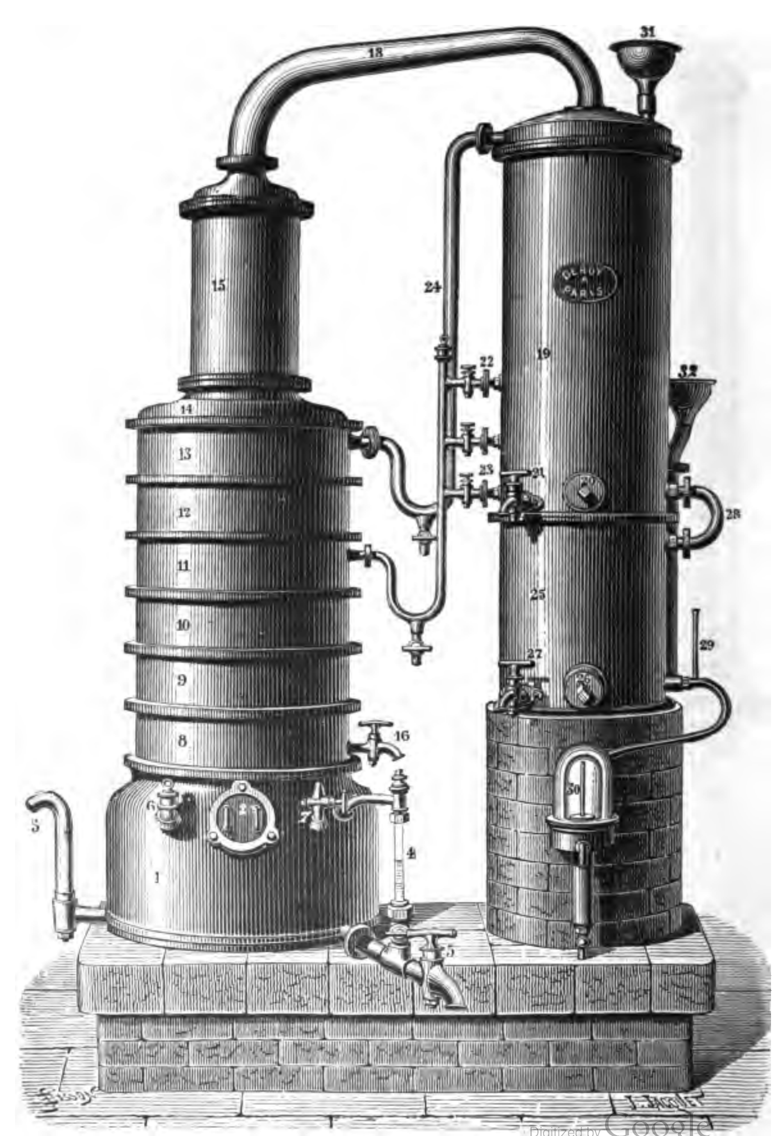
à la partie supérieure de la chaudière, qui, elle, est munie d'un robin et de décharge. Cet alambic, encastré dans un massif de maçonnerie, ne laisse la flamme du foyer en contact qu'avec un tiers de sa surface. Pour mettre en marche l'appareil, on commence par y introduire 3 hectolitres de vin et la même quantité dans le chauffe-vin. On chauffe et on recueille environ 120 litres d'un premier liquide qui s'appelle *premier brouillis*. On vide la chaudière et on y introduit le vin du chauffe-vin, qu'on remplit immédiatement, on chauffe de nouveau et on recueille encore une même quantité de 120 litres de *deuxième brouillis*.

Continuant l'opération comme plus haut, on fait un *troisième brouillis*. Pour faire le *quatrième brouillis*, au lieu de mettre du vin neuf dans le chauffe-vin, on y introduit les trois premiers brouillis et on obtient un quatrième brouillis.

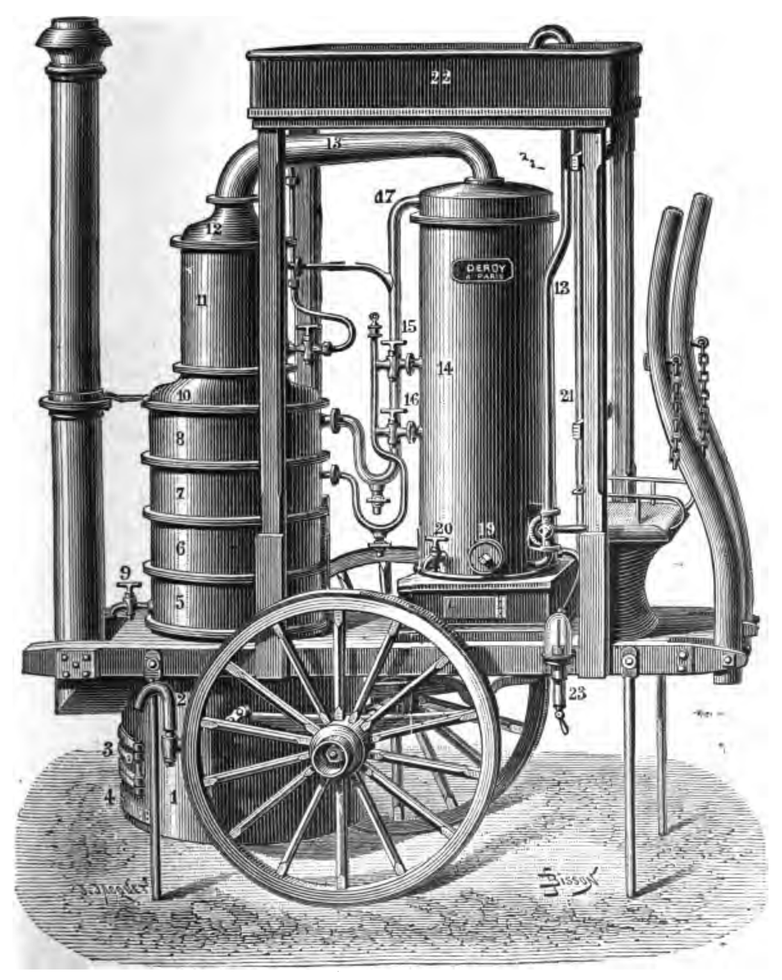
On vide alors la chaudière, on y introduit tous les brouillis et du vin neuf dans le chauffe-vin. On distille alors, les trois premiers litres sont mis de côté pour être versés dans les brouillis futurs, et on continue le travail tant que le liquide qui passe résiste à la *preuve*. La preuve des Cognaçais consiste à remplir une fiole longue et étroite, en verre épais, au deux tiers, fermer l'orifice avec le pouce, donner une secousse brusque, et suivant le nombre et la grosseur des bulles (Bouclettes) qui montent, on juge de la force de l'eau-de-vie.

L'eau-de-vie ainsi obtenue, marque de 60 à 68 degrés. On continue cependant la distillation des brouillis jusqu'à ce qu'il ne passe plus que de l'eau, et ce liquide, mis de côté, est plus tard redistillé pour être amené au degré voulu.

Comme on le voit, rien n'est plus simple, mais aussi rien n'est moins logique. Tous les produits, dits supérieurs



Brûleur de Deroy (fig. 12 *bis*).



Appareil locomobile brûleur à chapiteaux de Deroy (fig. 12).

et inférieurs, restent dans l'alcool ; c'est ce qui leur donne le goût de terroir particulier qui les distingue, mais aussi, fait que les cognacs sont si riches en alcools multiples. C'est une question que nous aurons à étudier plus tard. Dans les Charentes, on tient à ce mode de fabrication, car ce qu'on recherche surtout, c'est ce goût propre au crû, qui en fait toute la qualité et la valeur.

Dans les autres contrées de la France, on emploie généralement des appareils plus perfectionnés qui sont la propriété de brûleurs ambulants ; seuls les fabricants d'eau-de-vie de marc emploient les alambics ordinaires.

Mais, laissons de côté ces systèmes arriérés, et examinons les nouveaux appareils dûs aux progrès de l'industrie, et qui permettent d'extraire des alcools fins de tous les vins. La question des Charentes restant tout à fait à part et n'intéressant qu'une spécialité.

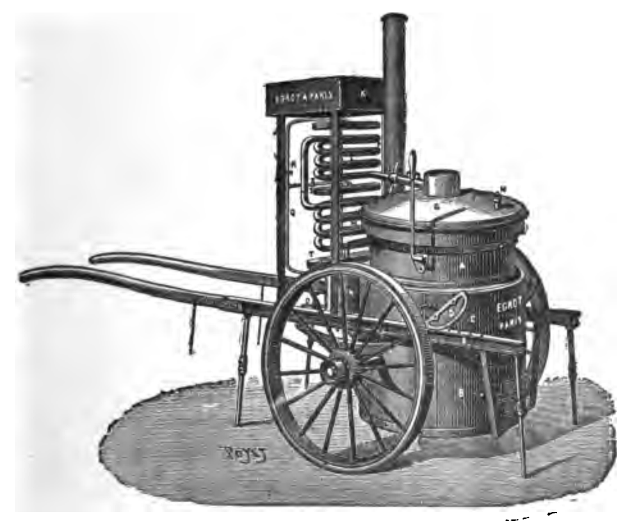
Le vin fait, d'après les indications que nous avons données au chapitre des fermentations, est traité avec autant de soin que s'il devait être livré à la consommation tel que, car de sa bonne garde dépend beaucoup la qualité du produit obtenu.

Sa distillation se fait, soit chez les vignerons, soit chez les négociants, qui achètent de grandes masses et qui peuvent faire les frais d'appareils fixes, coûteux, mais très perfectionnés. Le vigneron ne se trouvant pas dans ce cas, a recours aux appareils mobiles, qui sont arrivés à un assez grand degré de perfectionnement. Les principaux sont dûs à M. Deroy et à M. Egrot.

Nous en donnons simplement la légende, car le fonctionnement en sera expliqué lorsque nous traiterons du fonctionnement des appareils fixes, du même auteur, le principe étant le même (fig. 12 et 12 *bis*).

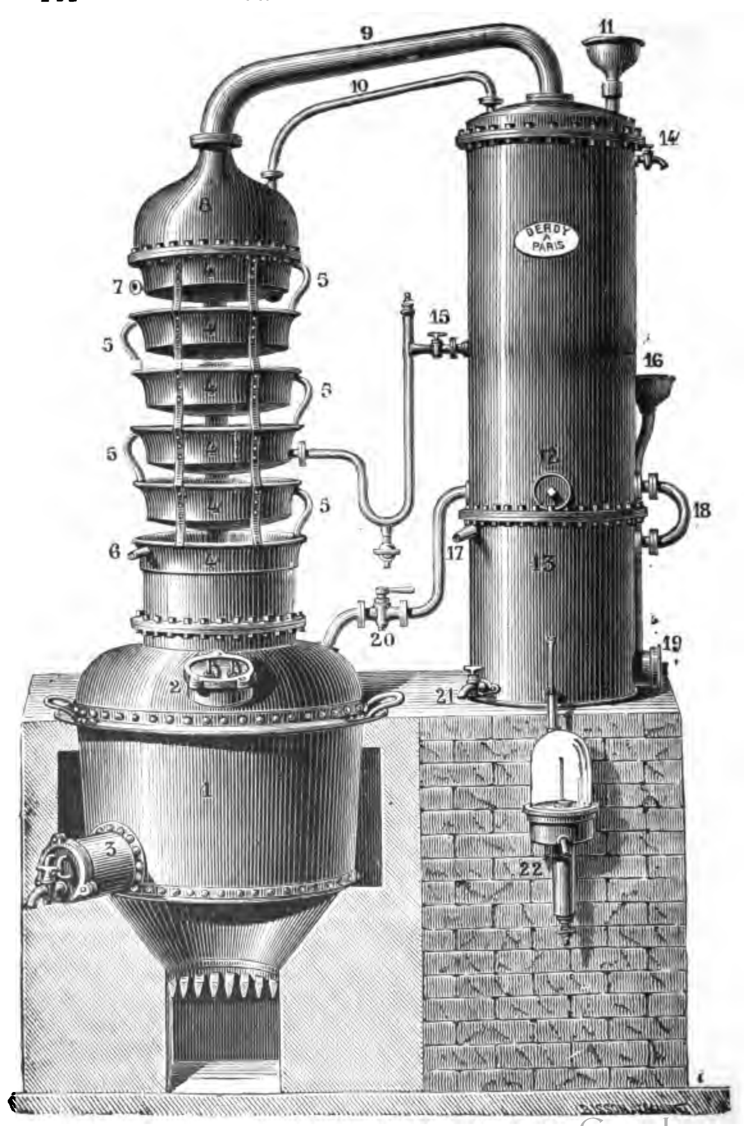
1. Chaudière ; — 2. Partie extérieure de la chaudière ; — 3. Tampon de nettoyage ; — 4. Robinet de vidange ; —

5. Prise de vapeur ; — 6. Sortie des condensations ; — 7. Arrivée des flegmes ; — 8. Tampons ; — 9. Indicateur de pression ; — 10. Indicateur de niveau ; — 11. Support en briques ; — 12. Colonne de rectification composée de 36 plateaux ; — 13. Enveloppe du serpentin rectificateur ; — 14. Robinet pour le lavage de la colonne ; — 15. Arrivée des vapeurs alcooliques dans le serpentin rectificateur ; — 16, 17. Tuyaux de rétrogradation ; — 18. Sortie des vapeurs alcooliques se rendant au serpentin réfrigérant ; — 19. Enveloppe du serpentin réfrigérant ; — 20. Trop-plein de l'eau chaude du réfrigérant se déversant dans le rectificateur ; — 21. Entonnoir et tuyau d'arrivée d'eau froide dans le bas du réfrigérant ; — 22. Eprouvette de sortie indiquant le degré alcoolique.



Appareil portatif de Egrot (fig. 13).

L'appareil d'Egrot est le même que celui qui est fixe, seulement il en a modifié la forme, de manière à l'adapter



Apparcil à plateaux lenticulaires de Deroy (fig. 14).

à une voiture. Comme pour le précédent, nous renvoyons le lecteur à l'étude des appareils fixes.

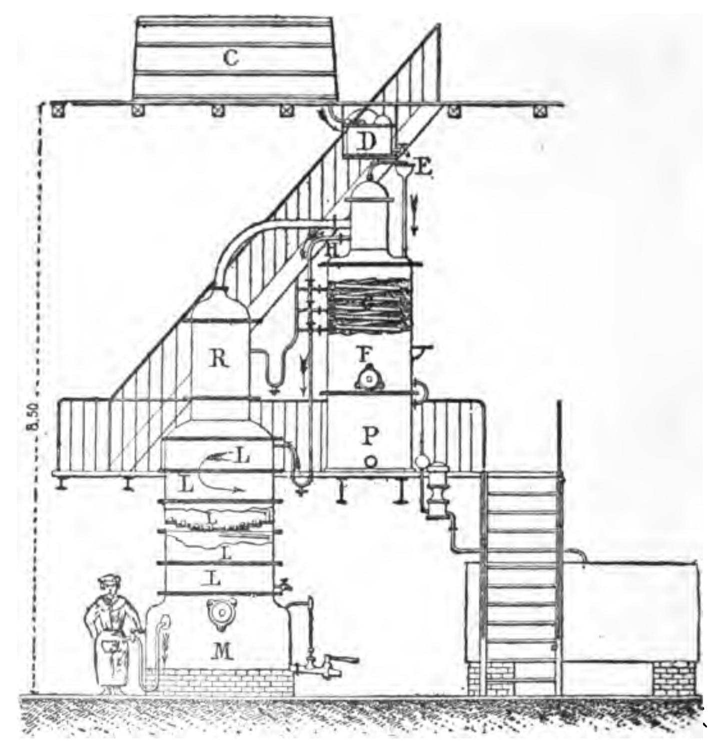
Le simple examen de la planche en fera saisir le maniement.

L'appareil fixe de Deroy fils est à plateaux lenticulaires en voici le fonctionnement (fig. 14) :

La chaudière 1 se charge par le tampon 2, le chauffe-vin 12 par l'entonnoir 11. Le réfrigérant 13 se remplit d'eau ou de vin. La distillation commencée, on fait arriver sur le plateau supérieur un filet d'eau proportionné au degré de l'alcool à obtenir. Cette eau descend sur les plateaux inférieurs par les conduits 5 et sort par le trop-plein 6. La température des cuvettes 4 est réglée à volonté par la quantité d'eau versée. Les vapeurs de la chaudière passent dans le premier plateau où un diaphragme les force à lécher les deux parois du plateau lenticulaire, puis la paroi rafraîchie par l'eau, et traversent ainsi tous les plateaux avant d'arriver au chapiteau 8, où elles se dilatent avant de s'engager dans le col de cygne 9 et gagner le chauffe-vin, puis par le tuyau 18 le serpentin réfrigérant où elles se condensent et sortent par l'éprouvette 22. Le tuyau 15 sert à ramener à la chaudière les vapeurs encore trop peu riches. Le tuyau 17 sert à faire passer le vin du chauffe-vin dans la chaudière, et le tuyau 10 met en communication le vin chauffé avec le chapiteau 8 pour égaliser les pressions ; dans l'appareil 19, est le tampon qui sert à nettoyer le réfrigérant. Cet appareil permet de distiller directement le vin et à amener l'alcool à un degré suffisant pour le commerce, de même qu'il peut servir de rectificateur en obtenant du premier jet des flegmes à 30 ou 40 degrés, et les traitant ensuite comme le vin, on obtient facilement du 80 à 85 degrés.

L'appareil d'Egrot diffère de celui de Deroy en ce qu'il est à plateaux d'une forme spéciale (fig. 15).

Nous empruntons à l'ouvrage de M. Larbalétrier la description de l'appareil d'Egrot et de son plateau qui a une forme fort originale.



Appareil Egrot (fig. 15).

Comme tous les appareils à distiller, celui de M. Egrot se compose de trois parties principales :

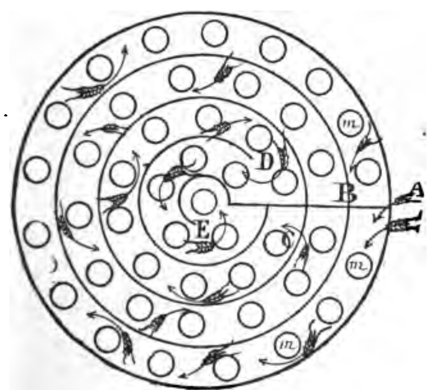
La chaudière où le liquide à distiller est amené à l'ébullition ;

La colonne où les vapeurs alcooliques sont concentrées et purifiées ;

Le chauffe-vin et le condensateur, qui analysent les vapeurs alcooliques et les condensent ensuite.

La chaudière est de petite dimension, relativement au reste de l'appareil ; elle sert de support à la colonne. Les tronçons de colonne, au nombre de 5, supportent une colonne d'un plus petit diamètre pour la rectification.

Le chauffe-vin et le condensateur sont formés tous deux de capacités cylindriques, dans lesquelles se déroule un serpentin dont l'extrémité inférieure aboutit à l'éprouvette de sortie qui indique le débit et le degré de l'alcool produit.



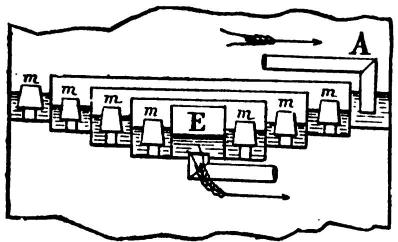
Appareil Egrot (fig. 16).

L'originalité de ce dispositif réside surtout dans les plateaux. Voir là figure 16. Les flèches indiquent la marche de la matière dans le plateau.

En A, elle arrive du plateau supérieur et circule jusqu'en B, en se trouvant chicanée à chaque instant par les petits bouilleurs M qui donnent passage aux vapeurs produites dans la chaudière et dans les plateaux inférieurs. En B, le liquide change de direction ; il tombe dans un canal moins élevé que le premier et le parcourt jusqu'en C, ainsi de suite de C en D et de D en E.

En E le vin est arrivé au centre du plateau et, en même temps, au point le plus bas de cette série de cascades ; un tube coudé le conduit de ce point au point A du plateau inférieur.

La surface du plateau est donc utilisée de telle sorte que le vin y parcourt un chemin très long ; de plus, la disposition en cascade lui permet d'effectuer ce long parcours dans un temps très court ; enfin le grand nombre des petits bouilleurs M, interposés sur le passage du liquide, le divise, le brasse, et font que toute la masse est bien exposée aux vapeurs montantes.



Appareil Egrot (fig. 16 A).

Voici maintenant le fonctionnement de l'appareil Egrot tel que nous le donne la figure.

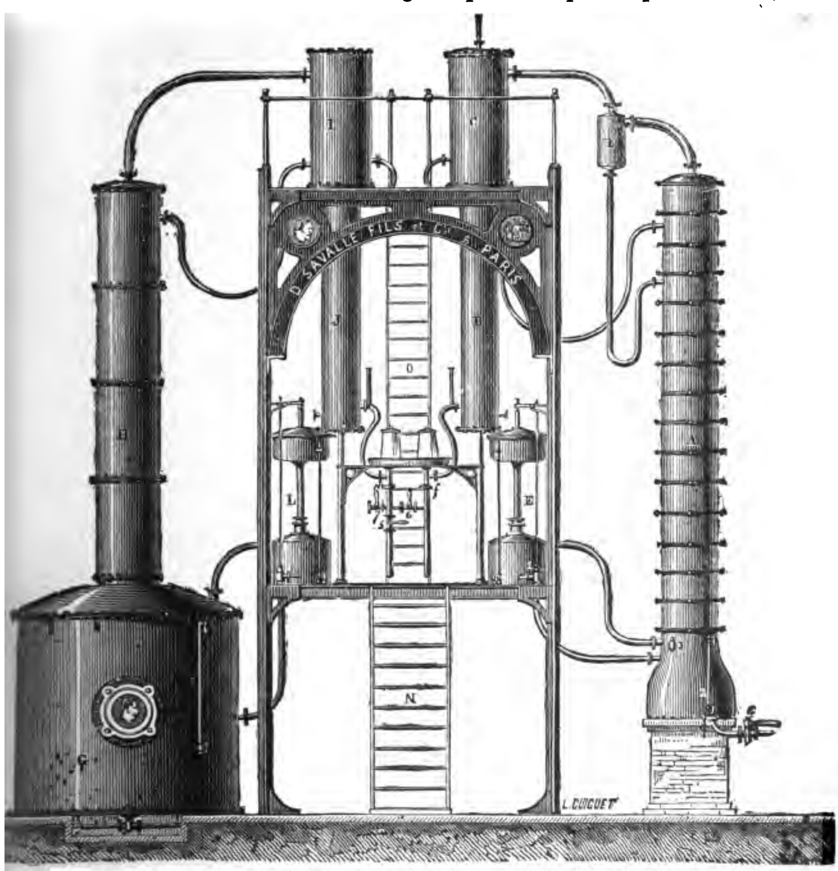
On commence par remplir le réservoir C puis on en fait écouler une partie dans le chauffe-vin F. Là, sa température s'élève au contact du serpentin G, de là il pénètre dans la colonne distillatoire L par le tube H et il descend de plateau en plateau en cédant son alcool, ce qui fait, qu'arrivé à la chaudière, il est entièrement épuisé et la vinasse est évacuée par le siphon S sans interruption.

Si nous examinons le chemin parcouru par les vapeurs nous les voyons partir de la chaudière M chauffée à feu nu ou à la vapeur, ce qui est bien préférable, elles traversent successivement tous les plateaux, se chargent de plus en plus d'alcool et arrivent en passant par le dôme R et le col de cygne H dans le chauffe-vin F, parcourent le serpentin G et arrivent au réfrigérant P d'où elles passent dans l'éprouvette de sortie qui règle le débit et le degré. Il est inutile avec cet appareil d'employer de l'eau, le vin faisant fonction de réfrigérant; on n'emploie l'eau que dans les appareils de grande dimension.

De même que M. Deroy, Egrot a construit un appareil

fonctionnant d'après son système et monté sur chariot pour le service des bouilleurs de crus.

M. Désiré Savalle a construit un appareil pour la distillation des vins et leur conversion, soit en eaux-de-vie fines soit en alcool à 96 ou 97 degrés qui nous paraît présenter



Appareil pour la distillation des vins et pour la rectification des alcools par Savalle (fig. 17).

de grands avantages comme économie et comme rendement. Du reste, la pratique a justifié ses espérances et tant en France qu'en Espagne en Portugal et en Italie un grand nombre de ces appareils sont en exploitation à la grande satisfaction des industriels. Nous donnons le dessin de cet appareil et nous renvoyons pour sa description et la marche à suivre aux ouvrages de M. Savalle car elle nous entraînerait trop loin (fig. 17).

ALCOOL DE MARCS

Ce n'est pas seulement dans le vin que le vigneron recherche l'alcool, il a pensé, et avec juste raison, que les marcs de vendange en contenaient encore une quantité fort appréciable car le pressurage, quelque bien fait qu'il soit, n'arrive pas à extraire tout le liquide contenu dans cette masse ligneuse. Puis, il y a différentes natures de marcs qu'il est bon d'étudier séparément. Mais avant, nous tenons à constater que les eaux-de-vies de marcs obtenues généralement par les vignerons sont défectueuses de goût, pour ne pas dire infectes. Elles sont surchargées d'huiles volatiles d'un goût âcre et désagréable à l'odorat, mais qui cependant en font la qualité pour une certaine classe de consommateurs.

Les premiers alcools de marc obtenus, l'ont été par la distillation pure et simple des marcs de vins rouges qu'on entassait soit dans des fosses, soit dans de grandes futailles, qu'on recouvrait d'une couche de terre glaise et qu'on laissait achever une fermentation lente, qui avait pour but de convertir en alcool les dernières traces de sucre laissées par la fabrication du vin. Ce travail terminé, on versait ces marcs dans de simples alambics munis d'un serpentin et on distillait à feu nu, on obtenait des petites eaux qu'on redistillait à nouveau pour les amener au

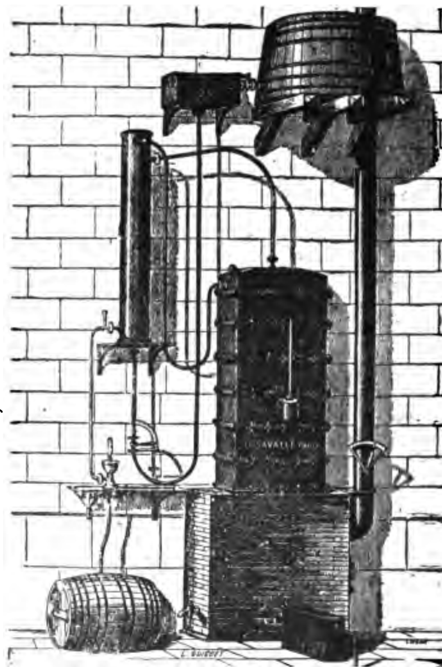
degré voulu. Ce travail plus que primitif donne naturellement un alcool surchargé de principes nuisibles, aldéhydes, alcools supérieurs et huiles volatiles.

Dans le midi de la France, ces alcools étaient rectifiés pour former des alcools de marcs très inférieurs de qualité, mais qui avaient et ont encore un cours assez suivi.

La seconde espèce d'alcool de marcs obtenue des résidus de la vendange est celle qui se pratique dans la Champagne. Comme on le sait, le vin ne cuve pas avec le marc, le raisin, dès qu'il est cueilli, est pressuré de manière à obtenir du vin blanc avec du raisin noir, il reste dans le marc une masse sucrée assez considérable qu'il fallait utiliser, la fabrication du vin de seconde cuvée ou vin de sucre a bien modifié cet état de chose, mais comme tout le monde ne met pas en pratique ce genre de travail, il est bon de décrire la fabrication des alcools obtenus de ces résidus.

Une fois le marc pressuré à fond, il est divisé avec soin, puis tassé fortement dans des cuves et recouvert de terre glaise pour le mettre à l'abri du contact de l'air. La fermentation vineuse s'y déclare rapidement et quand elle semble achevée, au bout d'un temps plus ou moins long, le vigneron pratique la distillation comme il a été dit plus haut et obtient des produits d'une qualité douteuse, mais fort appréciée dans ces régions.

Cette pratique barbare de tirer un profit des résidus de la vendange devait attirer l'attention des savants et des chercheurs. MM. Petit et Robert, de Saintes, avaient eu l'idée d'enlever tout le sucre des marcs du raisin cuvé, sortant des pressoirs, par un lavage suivi sous la forme de l'osmoseur de Dubrunfault, mais cela était un peu compliqué pour le vigneron, aussi M. Savalle a simplifié ce mode de faire, une fois le marc bien fermenté, au lieu de le distiller directement il verse dessus un hectolitre et



Appareil de Savalle pour distiller le cidre (fig. 18).

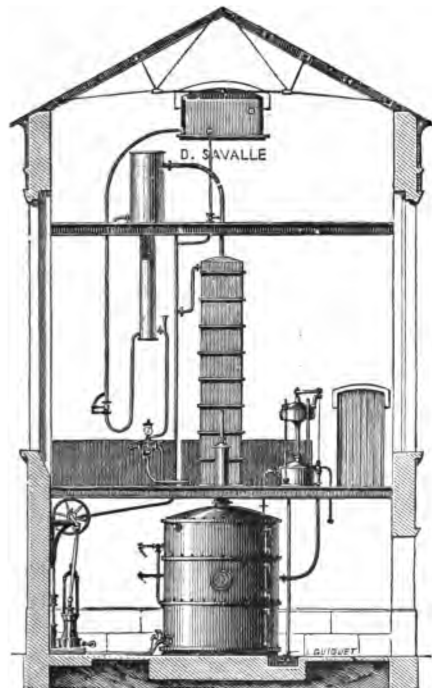
demi d'eau à 40 degrés, par hectolitre de marc, brasse bien le tout, laisse macérer deux heures, puis l'on soumet à une pression énergique, qui enlève tout le jus; il conseille même l'emploi de sa presse continue. Il obtient un liquide qui est immédiatement soumis à la distillation, dans son appareil perfectionné, et rectifié; il obtient un alcool bon goût, car l'eau n'a pas entraîné les huiles volatiles contenues dans les peaux et les pépins des raisins.

Ce procédé, fort simple, permet d'obtenir des produits d'une qualité supérieure et dont la valeur compense largement les faibles dépenses qu'il occasionne, nous le recommandons spécialement aux viticulteurs.

ALCOOLS DE CIDRE, DE POIRÉ ET DE BIÈRE

Dans les pays privés de vignes, pour se procurer une boisson, nécessaire aux travailleurs, on a fait le cidre, le poiré et la bière. Là aussi on a cherché des sources d'al-

cool et la distillation de ces différents liquides s'est pratiquée d'une manière assez primitive, aussi les produits obtenues ont laissé à désirer.



Appareil rectangulaire pour tafias et rhums (fig. 19).

L'eau-de-vie de cidre s'est faite de deux manières différentes : 1° soit en distillant simplement des pommes écrasées et fermentées, 2° en distillant le cidre lui-même. Ces deux opérations se faisaient dans de simples alambics à feu nu, procédé toujours défectueux, M. Deroy et M. Savalle ont modifié ce genre de procéder et ont construit des appareils spéciaux pour ce genre de travail. Celui de M. Savalle (fig. 18), semble donner tous les perfectionnements désirables, sans cependant que nous cherchions à jeter une défaveur sur l'appareil portatif de M. Egrot, destiné à ce même genre d'opération. C'est aux producteurs à choisir celui qui est le mieux approprié à leur situation. Mais la distillation des cidres et des poirés n'est pas assez importante pour que nous nous arrêtions plus longtemps à leur description.

Pour la distillation de la bière, elle n'a pas de raison d'être, il est infiniment plus simple de distiller le grain directement, nous ne nous y arrêterons donc pas.

ALCOOL DES JUS DE BETTERAVES FERMENTÉS

Nous avons vu, dans les chapitres précédents, les procédés employés pour transformer le jus sucré des betteraves, extrait, soit par macération, soit par rapage et pressurage en un liquide alcoolique d'un titre plus ou moins élevé, selon la richesse en sucre des produits employés, il ne nous reste plus qu'à examiner les moyens usités pour séparer cet alcool de la masse et obtenir, ce qu'on appelle industriellement, des flegmes.

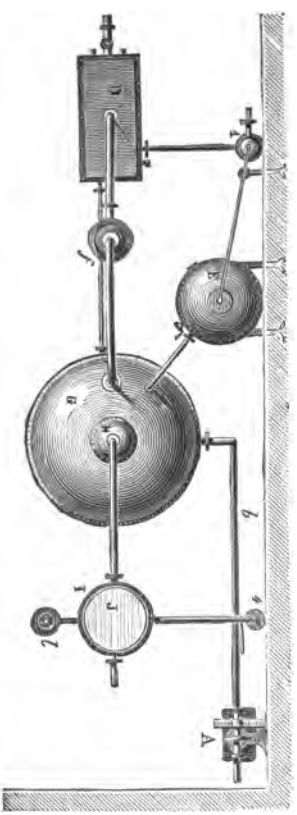


Fig. 19 *bis*.

Cette opération, assez simple, consiste en une distillation sommaire qui n'a d'autre but que d'enlever aux jus fermentés tout l'alcool qu'ils contiennent. Un grand nombre d'appareils ont été faits dans ce but, nous ne les décrirons pas tous, car ils sont à peu de choses près tous suffisants dans la pratique industrielle, celui, cependant, qui nous a semblé préférable

et donner les résultats les plus complets, est de M. Savalle, figure 19 et 19 *bis*, dont voici la description :

G. Réservoir à eau.
H. Jus fermentés.
D. Réfrigérant.
C. Chauffe-vin.
A. Plateaux de la colonne à distiller.
E. Indicateur de la marche de la distillation.

Quand on met l'appareil en marche, on commence par faire fonctionner la pompe à jus fermentés et celle à eau froide pour remplir les deux réservoirs ; puis le réfrigérant D ; le chauffe-vin C et les plateaux de la colonne A sont remplis de jus fermentés ; on ouvre les prises de vapeur et on chauffe doucement et progressivement, au fur et à mesure que la température de la masse s'élève, la distillation commence, et l'alcool, à un titre faible d'abord, puis graduellement plus élevé, vient couler en E. A ce moment on ouvre le robinet d'eau 3 du réfrigérant, et le robinet 2 d'alimentation des jus fermentés et le travail prend sa marche, comme dans tous les appareils continus, on règle l'ouverture du robinet 2 de manière à ce qu'il n'arrive que la quantité de jus nécessaire, pour qu'après son passage sur les plateaux de la colonne, il ressorte entièrement privé d'alcool. Cette vinasse qui s'écoule est renvoyée dans les cuves à macération, si on emploie ce procédé, ou dans les cuves à fermentation, si on travaille avec la presse. L'utilisation des vinasses chaudes sortant de la distillerie constitue une économie sensible dans le travail.

Il s'établit comme cela un roulement non interrompu entre la fermentation et la distillation des jus. Tout est utilisé et la plus grande économie doit présider à toutes ces opérations.

L'alcool obtenu est à l'état de flegme dont le degré varie de 45° à 75° centigrade, degré qui n'a qu'une impor-

tance relative, car il ne faut pas songer à employer ce produit tel qu'il est, il faut qu'il passe par la rectification, ce qui sera l'objet d'une étude toute spéciale.

Ces procédés sont applicables aux distilleries agricoles où l'on doit autant que possible rechercher la plus grande simplicité dans les appareils employés et dans le mode de travail.

DISTILLATION DIRECTE DE LA BETTERAVE

Il existe deux systèmes de distillation directe de la betterave ; celui de M. Leplay et celui de M. Pluchart et encore, celui de M. Leplay, lui est-il contesté d'une part par M. Dubrunfaut et de l'autre par M. Villard pour son système de distillation.

Le système de la distillation directe est des plus simples comme théorie pratique, une courte description en fera rapidement connaître les détails. On commence par se procurer du jus de betterave par macération, opération facile en employant de la betterave coupée au coupe-racines, qu'on fait macérer dans de l'eau chaude. On acidule le jus par l'acide sulfurique et on provoque la fermentation par une addition de levure de bière. Ce jus fermenté, mis de côté, va nous servir à pratiquer la distillation continue et directe de la betterave.

La betterave, bien lavée au lave-racines est envoyée dans un coupe-racines qui la divise en morceaux de quelques centimètres de longueur sur 1 à 2 centimètres de largeur et 2 à 3 millimètres d'épaisseur. Elle est jetée immédiatement dans les sacs en toile et placée dans une cuve à double fond contenant le premier jus, dont nous avons donné la description plus haut. Les sacs sont maintenus dans le liquide au moyen d'un faux plancher à claire-voie, qui donne passage à l'acide carbonique et autres gaz qui peuvent se dégager pendant la fermentation. Le liquide a été

préalablement additionné de 2 à 4 kilogrammes d'acide sulfurique suivant la nature des betteraves, pour opérer l'inversion du sucre. Ainsi acidulé et chargé des sacs de betteraves, il ne tarde pas à entrer en fermentation, ce travail dure de dix à douze heures, selon la température et l'activité du ferment.

Quand on juge que l'opération est finie, on retire les sacs du liquide, on acidule de nouveau légèrement et on recharge de nouveau la cuve de betteraves fraîches. Une cuve bien soignée peut servir pour quatre ou cinq opérations de ce genre. Quand toutes les précautions ont été prises, on peut se servir de ce jus presque indéfiniment, mais cela a un inconvénient, le ferment perd de son activité et l'opération vient à traîner en longueur. C'est au chef d'atelier à juger quand il est bon de le renouveler, ce qui se fait facilement au moyen de jus de macération.

Maintenant, que c'est-il passé pendant cette fermentation de la betterave un fait parfaitement logique et applicable. Le liquide acidulé et chargé de ferments à pénétré dans les cellules de la betterave, le jus sucré c'est déplacé et le sucre se trouvant en présence d'un acide c'est interverti et sous l'influence du ferment le travail de dédoublement à commencé. L'alcool a alors remplacé le liquide sucré dans les cellules Quand on retire les sacs de betteraves la pulpe n'a pas changé sensiblement, ni de volume, ni de forme ; seulement le jus sucré est remplacé par un liquide plus ou moins chargé d'alcool. Ce sont ces betteraves qu'on porte directement à l'alambic, alambic spécial, dû à M. Villard de Lyon, qui l'a construit dans le but d'extraire l'alcool des marcs de raisins et qui trouve son application dans le cas présent. Avant de décrire ce système qui est assez compliqué du reste, mais donnant de bons résultats, il est utile d'indiquer, que pour les distilleries agricoles ou les usines de moyenne importance, on

peut, dans la distillation directe des betteraves, employer les mêmes appareils de Egrot que nous avons indiqués au chapitre distillation des marcs, de même que l'appareil du même auteur destiné à la fabrication des rhums, seulement, avec quelques modifications. La chaudière est munie d'un faux fond rempli d'eau, sous le faux fond est le foyer ; la vapeur produite pénètre dans la chaudière, échauffe la masse d'où s'élèvent les vapeurs alcoolique et aqueuse. A la partie supérieure de l'appareil se trouve un chapiteau bas d'une forme spéciale qui reçoit l'eau du réfrigérant placé au-dessus ; cette eau se répand uniformément en cascade sur sa surface et en analyse les vapeurs, condansant les parties les plus aqueuses qui reviennent à la chaudière et laissant échapper les vapeurs alcooliques les plus riches qui vont dans le réfrigérant. On obtient ainsi des flegmes d'un degré suffisant et la simplicité de cet appareil le met à la portée de tous.

M. Villard de Lyon a imaginé un mode de distillerie des marcs de raisins, ou le marc lui-même sert à séparer la vapeur d'eau de la vapeur d'alcool et qui donne d'excellents résultats. Une disposition spéciale de ce rectificateur permet de l'employer pour la distillation directe de la betterave et nous croyons bon de l'indiquer sans en donner la description, ce qui nous entraînerait trop loin, il n'y aurait plus de limite, car où s'arrêterait cette série de description.

La distillation directe de la betterave ne présente du reste que peu de difficultés et comme ce mode d'opérer n'est employable que dans les distilleries agricoles où on ne peut y utiliser que des instruments très simples, il faut laisser de côté tout ce qui présente une manœuvre trop délicate.

Les pulpes de ce genre de distillerie étant destinées à la nourriture des animaux il ne faut pas négliger ce qui peut en augmenter la qualité.

Pour la pulpe, provenant du procédé de M. Leplay, il est incontestable qu'elle présente des avantages sérieux au point de vue agricole, elle est plus riche en sels, car ils n'ont pas été enlevés par des lavages successifs comme dans la macération ni la presse ; comme conservation, elle jouit des mêmes avantages. En somme, ce procédé applicable aux petites exploitations agricoles est avantageux, mais il a un inconvénient, c'est de fournir des alcools dont le goût n'est pas aussi franc ni correct que par les autres, et ils exigent une rectification plus énergique et plus perfectionnée, cela fera l'objet d'une étude ultérieure.

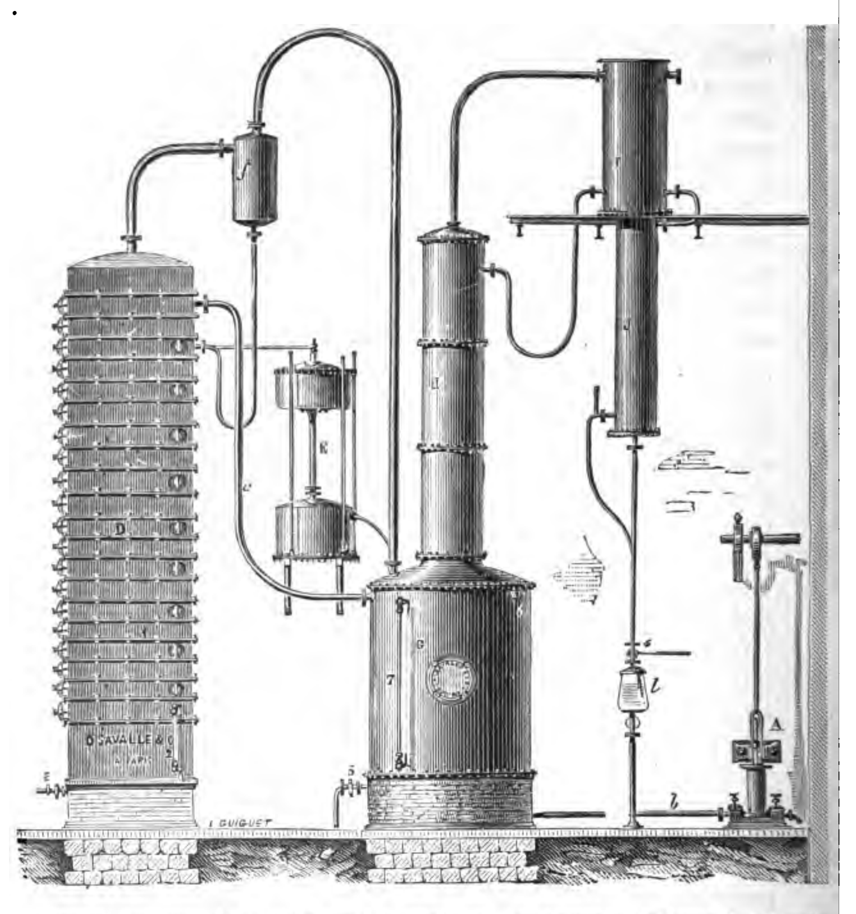
DISTILLATION DES MATIÈRES PATEUSES OU SEMI-LIQUIDES

Nous avons étudié la saccharification des grains, des pommes de terres et autres matières féculentes, puis, nous avons suivi toutes les phases de la fermentation, nous nous trouvons en présence d'une masse, plus ou moins pâteuse ou semi-liquide, de laquelle il faut extraire l'alcool. Le travail à feu nu devient impossible, il faut modifier les appareils employés pour la distillation des jus fermentés de betteraves ou les vins. M. Savalle, auquel nous faisons de larges emprunts, nous donne la description de l'appareil qu'il a construit duns ce but, nous ne croyons pas mieux faire que de donner l'exposé de cet instrument fait par lui (fig. 20).

L'appareil en question distille les matières fermentées et en opère la rectification, c'est-à-dire qu'au lieu de produire des flegmes il donne directement de l'alcool à 95 ou 96°. En voici la description et le fonctionnement :

A est la pompe à matières fermentées; *b c*, les conduits qui portent cette matière dans la colonne distillatoire D, la colonne distillatoire rectangulaire en fonte de





Apparcil continu de distillation des grains et des pommes de terre de Savalle (fig. 20).

fer, composée de vingt tronçons. Cette colonne est la répétition de celle que nous avons appliquée dans de nombreuses distilleries de grains, et que nous construisons en fonte de fer ou en cuivre. Ce système de colonnes porte des trous de bras, qui permettent de la visiter en tous sens et de la nettoyer. Sa construction intérieure est nouvelle, très simple et très solide.

La matière à distiller y est très divisée, elle parcourt un ruban très long, dont la trame représente la vapeur destinée à dépouiller l'alcool. Elle épuise parfaitement l'alcool contenu dans les matières à distiller, tandis que les anciens appareils perdent dans la vinasse 2 à 3 °/₀ des produits, cette perfection du travail est due au système spécial intérieur de cette colonne distillatoire rectangulaire. La rapidité du travail y est également supérieure, un séjour de six minutes suffit et les vinasses épuisées sortent par le robinet 3. La vapeur pour chauffer l'appareil arrive par la soupape 1, et est réglée par le régulateur à vapeur E. Ce régulateur, qui n'existe qu'aux appareils du système Savalle, est d'une grande importance pour la perfection du travail et pour l'économie du combustible; il facilite beaucoup la conduite de l'appareil, qui, par lui, devient des plus simples et peut être confié à un distillateur peu expérimenté. Les vapeurs se rendent de la colonne dans le brise-mousse *f*, et de là dans la chaudière de rectification G.

Le chauffage de cette seconde partie de l'appareil se trouve réglé par le courant régulier des vapeurs sortant de la colonne D, et la concentration de l'alcool s'obtient par la colonne H et le condensateur I; l'alcool sort de 95° à 96°, passe par le réfrigérant J, et vient couler par l'éprouvette L.

4 est le robinet d'eau de réfrigération et de condensation; 5 est le robinet pour décharger les produits de la

rétrogradation qui se réunissent à la matière brute, et sont renvoyés à la colonne rectangulaire D.

Cette description fait voir combien est simple la manœuvre de cet appareil qui, depuis son invention, a déjà subit quelques modifications de détail que nous ne pouvons indiquer, car il faudrait chaque année refaire un nouvel exposé.

M. Cellier-Blumenthal a, lui aussi, construit un appareil pour distiller les matières pâteuses ou semi-liquides. Nous ne le décrirons pas, mais nous engageons les fabricants à en prendre connaissance, car il présente certains avantages de détail qu'il peut être bon de connaître. Le cadre de cet ouvrage ne nous permet pas de décrire tous les appareils qui se font. M. Egrot et M. Deroy ont également construit des alambics pour le même usage, alambics qui ont leur valeur, et si nous avons décrit celui de M. Savalle, de préférence, c'est que c'est celui qui est employé dans la grande distillerie du baron de Springer, la plus grande distillerie de France.

Ce mode de distillerie des matières pâteuses ou semi-liquides s'applique aussi bien au travail des grains qu'à celui de tous les féculents.

DISTILLATION DES MÉLASSES

Nous avons suivi avec soin la conversion des mélasses en un liquide fermenté contenant une richesse alcoolique proportionnelle à la quantité de sucre qu'elles contenaient, il ne nous reste plus qu'à extraire cet alcool des jus fermentés, pour cela on peut employer avec avantage l'appareil rectangulaire de Savalle, figure 19, et que l'inspection fait comprendre, il est du reste d'une grande simplicité (fig. 19, p. 153).

Mais avant d'introduire le liquide fermenté dans la colonne distillatoire, il faut lui faire subir une opération

indispensable, c'est-à-dire neutraliser l'acide dont il est chargé, neutralisation qu'on obtient au moyen de la chaux délayée dans de l'eau. Le but de cette pratique est d'empêcher la production d'acide acétique, qui se ferait sous l'influence de la chaleur, de même que certains éthers. Les jus doivent être laissés environ douze heures au contact de la chaux, puis ils sont soutirés et envoyés dans l'appareil distillatoire.

Les vinasses provenant de la distillation doivent être mises de côté et reversées dans les cuves à fermentation, car il est bien rare qu'elles ne contiennent pas une certaine quantité de sucre non décomposé par la première fermentation et on gagne à cela 2 à 3 % de produits de plus. Il y a avantage à faire directement des flegmes, à degrés élevés, qui sont ensuite livrés à la rectification, opération indispensable, car cet alcool de premier jet n'est pas employable dans la consommation et l'industrie ainsi que je l'exposerai au chapitre rectification.

LE RHUM OU TAFIA

On appelle rhum ou tafia et encore guildive à l'île de France l'eau-de-vie retirée de la fermentation des cannes à sucre et des mélasses de sucre de canne. Son titre alcoolique varie entre 51 à 55 degrés. Il nous arrive généralement des Antilles, de la Guadeloupe, de la Martinique et surtout de la Jamaïque, qui fournit celui qui est le plus renommé.

Sa fabrication mérite une étude spéciale, car elle influe beaucoup sur sa qualité.

Les rhums, de grande qualité, s'obtenaient autrefois en faisant fermenter le jus de la canne violette, c'est ce qui lui donnait le parfum spécial qui le faisait tant rechercher des buveurs. La canne arrivée à maturité était coupée, pressée dans des moulins spéciaux, puis le jus ou

vesou abandonné à la fermentation. C'est ce jus fermenté qui était distillé, dans des alambics simples et à feu nu.

Le rhum, ainsi obtenu, conservait tout l'arome de la canne, arome spécial, qui en faisait la qualité. Sa couleur jaune foncé lui venait de ce qu'il était immédiatement logé dans des fûts neufs, en chêne, qui, en présence de l'alcool, lui cédaient du tannin qui, s'oxydant rapidement au contact de l'air, produisait cette belle nuance jaune d'or si appréciée. C'était là le vrai rhum, tandis qu'aujourd'hui les choses ne se passent pas de même, on cherche l'économie et on retire cette boisson des bas produits de la fabrication du sucre.

Il est évident que cet alcool devait revenir à un prix assez élevé, mais aussi était-il inimitable et prenait rang parmi les liqueurs fines.

Bientôt les besoins de la consommation venant à augmenter, on a cherché à faire un produit similaire, mais d'un prix moindre, on a fait ce qu'on appelle vulgairement le tafia ou rhum commun. Le tafia est le produit de la fermentation des mélasses de cannes à sucre ; on le comprend facilement, l'alcool obtenu ne devait pas avoir la même qualité. Cependant, quand on faisait le sucre dans ce qu'on appelait les trains espagnols, c'est-à-dire dans de grandes chaudières et à feu nu, les mélasses, très abondantes, conservaient encore le goût de canne. On employait même un artifice pour le leur donner, on mettait dans les cuves à fermentation la hampe de la canne garnie de ses feuilles et sous l'influence du travail de la fermentation, elles cédaient leur goût spécial à l'alcool.

Mais les progrès toujours croissants de la sucrerie, l'élévation du prix de la main-d'œuvre, ont fait abandonner ce procédé un peu primitif de faire le sucre, les appareils à vapeur ont fait leur apparition, les chaudières

ont été remplacées par les triples effets et les mélasses provenant de ce travail perfectionné avaient perdu toutes leurs qualités.

Le filtrage des jus sur le noir animal fut une des principales causes de la disparition de ce goût spécial et l'alcool obtenu par la fermentation de ces mélasses devient ce qu'on nomme tafia.

Cet alcool a bien encore un goût particulier, mais il y a loin du tafia au vrai rhum. C'est avec lui qu'on fait actuellement les rhums livrés au commerce et on arrive a imiter l'arome au moyen de cuir râpé qu'on y fait macérer.

La distillation des mélasses de canne ne présente rien de bien particulier, elles sont étendues d'eau jusqu'à la densité de 9 à 10° Beaumé, puis mises immédiatement en fermentation, ce qui est facile dans ces pays si chauds. Le travail s'y fait très rapidement et même très violemment, il cesse brusquement, il faut alors procéder de suite à la distillation qui se fait de deux manières différentes.

Si on veut obtenir du tafia destiné à faire du rhum, on pratique la distillation dans des alambics simples et à feu nu, mais le premier produit doit être redistillé, car son degré est trop faible. Cette manière de travailler n'est pas économique, mais elle donne des produits plus riches en arome.

Actuellement on a modifié tout cela et on emploie des alambics spéciaux qui donnent un rendement bien plus fort, et on arrive à obtenir un tafia à titre élevé, 90 à 92°, presque sans goût, qui est très recherché par les distillateurs-liquoristes.

Nous ne nous arrêterons pas sur la description de ces alambics qui ont une analogie très grande avec ceux employés dans la distillerie indigène. Cette fabrication, du reste, ne présente rien de spécial et pour les détails on

peut se reporter au chapitre spécial de la distillation.

UTILISATION DES RÉSIDUS DE DISTILLERIE

Il est une question dernière qui se présente à nous après la distillation des jus fermentés, c'est l'utilisation des vinasses et résidus de la fabrication des alcools. C'est un point qu'il ne faut pas négliger, car il entre pour une large part dans l'économie de cette fabrication, aussi un grand nombre d'industriels ont-ils cherché les moyens d'en tirer tout le profit possible. Nous ne croyons pas mieux faire que de donner en grands détails les procédés connus et ceux qu'il serait bon d'appliquer, car dans toute industrie la première chose à rechercher c'est l'économie dans le rendement d'un produit obtenu.

PRODUITS DE LA DISTILLATION DES VINS ET DES MARCS

Dans la fabrication des eaux-de-vie et des alcools de pur vin, on se trouve à la fin du travail en possession d'une masse plus ou moins considérable de vinasse épuisée d'alcool mais riche en matières salines. En effet, tout le tartre et l'acide tartrique libre se retrouvent dans ces vinasses à l'état, soit de tartrate neutre ou acide de potasse, soit d'acide tartrique libre. Ces produits ont une valeur assez grande pour qu'on en retire un profit quelconque. Voici ce que j'ai déjà proposé d'appliquer et ce que je crois profitable.

Les vinasses encore chaudes, au sortir de l'alambic, sont saturées au moyen d'un lait de chaux jusqu'à réaction alcaline, puis abandonnées au repos. Il se produit un précipité qui est du tartrate neutre de chaux, très peu soluble dans l'eau. On le recueille par décantation et on le fait sécher dans un milieu chauffé à courant d'air sec. Quand l'opération est terminée, cette masse est finement pulvérisée, mise en suspension dans l'eau et traitée par

l'acide sulfurique qui décompose le tartrate de chaux, forme un sulfate de chaux peu soluble, qui se précipite, et l'acide tartrique est rendu libre. Il suffit de décanter le liquide clair, l'évaporer jusqu'à un degré convenable et le laisser cristalliser. On retire un poids d'acide tartrique brut, qui non seulement couvre les frais de fabrication, mais donne encore un bénéfice sérieux.

Le distillateur ne devra pas s'attacher à purifier cet acide, il le livrera tel qu'il sort des cristallisoirs.

Dans la distillation des marcs, la même opération devra se pratiquer, mais par un procédé un peu différent, car le marc aura retenu une partie du tartre. Au sortir de l'alambic, les vinasses seront mises de côté, puis le marc sera placé dans une cuve à double fond, on versera dessus de l'eau bouillante, qui, traversant la masse, entraînera la plus grande partie du tartre et tout l'acide tartrique libre. Cette eau de lavage sera réunie aux vinasses et le tout traité comme il a été dit plus haut pour le vin.

On a beaucoup trop négligé ce point, aussi il est bon d'appeler l'attention des viticulteurs sur son application.

Les marcs de distillerie ainsi lavés seront employés, soit comme engrais dans les vignes, car ils sont riches en potasse, soit brûlés à l'air libre et les cendres lavées par déplacement donneront une quantité de potasse perlasse assez considérable pour défrayer cette main-d'œuvre.

Comme on le voit, rien n'est perdu et on doit s'efforcer de tirer parti de tout.

EXTRACTION DES RÉSIDUS DE LA DISTILLATION DES MÉLASSES

Lorsqu'on distille les mélasses fermentées et que les vinasses ont été employées à plusieurs opérations, on constate qu'elles sont chargées de matières salines en assez grande abondance. M. Dubrunfaut, le premier, a

eu l'idee de tirer parti de ce fait et a donné quelques procédés, assez primitifs du reste, pour en retirer la potasse dont la valeur industrielle était assez grande pour assurer au fabricant une rémunération avantageuse de ce travail. Depuis, une foule de procédés ont été appliqués à cette industrie lucrative et c'est ce que nous allons examiner.

Voici du reste ce qu'en dit M. Eugène Lormé, un maître dans la question :

Les vinasses obtenues par une première distillation, ayant été rechargées sur une fermentation nouvelle, et cette dernière, à son tour, ayant été distillée, on obtient des vinasses de 7° à 8°. On les concentre par l'ébullition, jusqu'à ce qu'elles aient atteint une densité de 28° à 30°, et on finit par les amener à l'état sec, on obtient alors un salin brut, dont voici un tableau analytique détaillé et donnant les quantums de différentes provenances. Les chiffres que nous donnons sont des moyennes d'analyses faites à des époques plus ou moins éloignées, mais pouvant servir de base à un calcul approximatif de rendement.

Tableau comparatif des salins bruts extraits des mélasses de betteraves

ÉLÉMENTS	Allemagne	Département du Puy-de-Dôme	Département de l'Aisne.	Département du Nord.
Carbonate de potasse.....	43.71	55.82	45.30	30.37
Carbonate de soude......	14.20	5.4	13.86	21.49
Chlorure de potassium....	15.52	8.85	17.02	19.31
Sulfate de potasse........	8.05	17.59	8 »	10.91
Eau, charbon, matières insolubles...............	18.52	15.28	15.28	17.92
	100 »	100 »	100 »	100 »

En général, on considère que 100 kilogrammes de mélasse, travaillée par les procédés indiqués plus haut, donnent 28 à 30 litres d'alcool et 10 à 12 kilogrammes de salin de potasse de 50° à 55° alcalimétriques, ou enfin 7 à 8 kilogrammes de potasse blanche et raffinée.

MM. Camichel et Henriot, ayant constaté que le travail des mélasses par l'acide sulfurique, au moment de la fermentation, modifiait d'une façon préjudiciable le rendement des salins en carbonate de potasse, et augmentait la formation de sulfate de potasse au détriment du carbonate, ont eu l'idée de substituer à l'acide sulfurique l'extrait du châtaignier. Nous avons déjà, au chapitre de la fermention, parlé de ce mode d'opérer, nous n'y reviendrons donc pas, ayant déjà donné les tableaux comparatifs de rendement de ces deux opérations, seulement, nous profiterons à nouveau de l'occasion qui se présente de recommander ce système.

Examinons le parti le plus avantageux que nous pouvons tirer de ce salin quelle qu'en soit la provenance.

Le procédé primitif employé consiste à concentrer les vinasses dans une série de chaudières superposées, puis de les abandonner à la cristallisation. Les produits étaient fractionnés suivant leur point de cristallisation.

Différents systèmes de chaudières à concentration ont été imaginés, mais leur étude ne présente pas un intérêt suffisant pour nous y arrêter.

Les produits de la cristallisation des vinasses sont séparés, tandis que les eaux-mères retournent dans les chaudières à concentration pour y être traitées de nouveau. Cependant quelques industriels les évaporent à siccité et le produit est mêlé aux premiers cristaux obtenus.

Toutes ces matières réunies forment un mélange assez complexe, comme on l'a vu par le tableau donné plus

haut, mais ne constituent pas ce qu'on appelle la potasse, il faut opérer cette conversion et la calcination est le moyen le plus simple.

Elle est faite dans des fours de différents modèles qui tous ont le même but, on obtient alors une masse d'un gris sale plus ou moins charbonneuse selon que l'action du feu a été plus ou moins poussée, c'est une question de fabrication que nous ne pouvons traiter, cela dépendant de la nature de produit qu'on veut obtenir.

La masse incinérée est divisée avec soin, puis versée dans des filtres en tôle où elle est lessivée avec soin, de manière à lui enlever tous ces sels de potasse qu'elle contient et obtenir des jus, qui, passés, sur de nouveaux filtres chargés de salin brut, arrivent à se concentrer jusqu'à 38° ou 40°. C'est à cet état qu'ils sont successivement concentrés dans des chaudières à évaporation, puis abandonnés à la cristallisation. Malgré leur teinte brune, ces sirops de potasse donnent des cristaux blancs qui, calcinés de nouveau pour chasser l'eau de cristallisation, donnent une potasse d'un blanc éclatant qui est alors susceptible d'être livrée au commerce. Mais il est encore une dernière opération qu'on lui fait subir pour l'avoir pure ou raffinée.

On porte 50 litres d'eau à l'ébullition, on y fait dissoudre 100 kilogrammes de potasse blanche et on abandonne pendant huit jours dans des cristallisoirs. On sépare les eaux-mères et on a de la potasse pure raffinée. Les eaux-mères sont de nouveau évaporées à siccité et donnent un produit salin composé de sulfates de chlorures à base de potasse et de soude. C'est ce produit qui est souvent employé dans la culture ; mais il a un grave inconvénient, c'est qu'on y rencontre des cyanures, sels toxiques au point de vue agricole et qui peuvent donner lieu à de graves mécomptes.



Ces procédés simples devaient amener des perfectionnements, c'est ce qui est arrivé, et M. Savalle a construit un appareil à triple effet qui donne, dans cette fabrication, une économie de 40 °/₀ de combustible, mais les acides contenus dans les vinasses rongeaient si rapidement les appareils qu'ils ont dû y renoncer, quoique, comme évaporation économique, il remplissait tous les avantages.

M. Eug. Porion, grand distillateur du Nord, a simplifié le problème en créant un système de four d'évaporation où les chaleurs perdues de l'incinération sont employées à l'évaporation des vinasses. On comprend facilement l'économie d'un pareil mode d'opérer. Voici, d'après Savalle, la description de ce four (fig. 21) :

Le système de four de M. Eug. Porion se compose de deux parties distinctes : la première, qu'il désigne carneau d'évaporation, et qui comprend la moitié du four situé du côté de la cheminée, se compose d'une vaste chambre dont le fond est à environ 1m20 au-dessous du sol extérieur ; cette chambre est traversée dans le sens de sa largeur par deux arbres de transmission creux et armés de palettes, qui ont pour fonction de projeter avec force et de réduire à l'état de gouttelettes une couche de vinasse d'environ vingt centimètres, alimenté par la chambre d'évaporation.

Cette dernière se trouve ainsi remplie d'une pluie de vinasse dont l'évaporation s'opère au moyen des gaz de la chaleur perdue, qui s'échappe des fours à incinérer. Le produit de l'évaporation est appelé au dehors par la cheminée à grande section, située au bout du four.

La seconde partie du système est formée des fours à incinérer, précédés chacun d'un foyer ; la vinasse concentrée dans l'évaporation est introduite dans ces fours et s'y trouve incinérée. Dans l'un des fours représenté (fig. 21), on voit l'ouvrier remuer la potasse pour qu'elle s'inci-

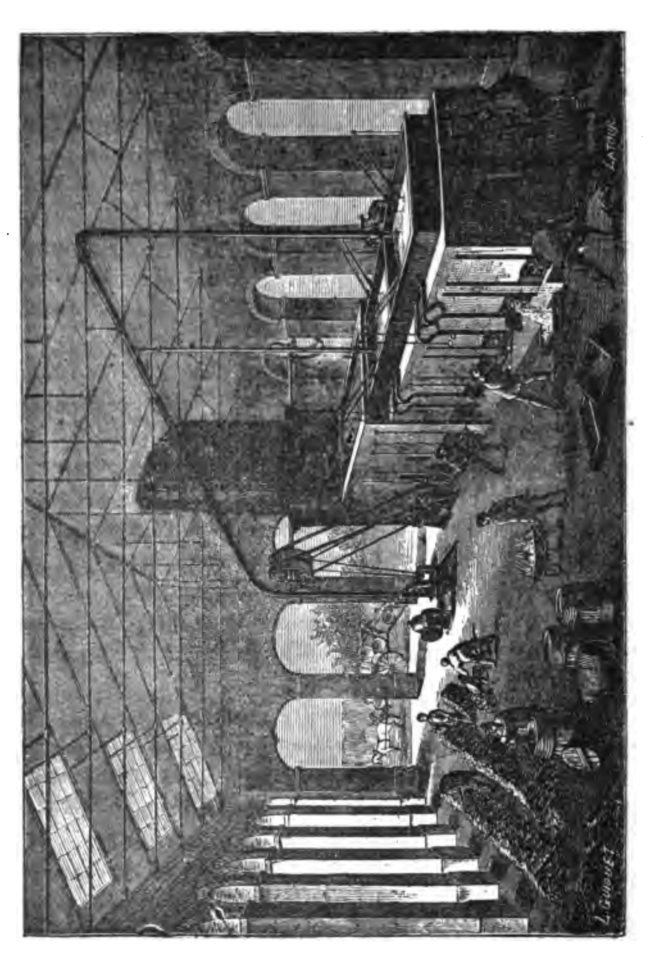


Fig. 21. — Four Porion.

nère bien régulièrement et pour activer l'échappement des gaz qu'elle dégage; d'un autre four, plus loin, on voit extraire la potasse ; elle est ensuite portée en tas pour achever son incinération, et enfin, lorsqu'elle est refroidie, on la met en barils pour la livrer au commerce. Elle est vendue au degré de carbonate aux raffineurs ou aux savonniers.

Le rendement de ces fours bien menés est de 13 kilogrammes d'eau évaporée par kilogramme de charbon brûlé. Les générateurs, eux, ne donnent que de 5 à 8 kilogrammes de rendement.

Ce système économique est ce qui a été fait de mieux jusqu'à ce jour à notre connaissance.

ENGRAIS EXTRAITS DES RÉSIDUS DE DISTILLERIE

Les vinasses contiennent, non seulement des sels à base de potasse et de soude, mais encore des matières azotées, dont pendant longtemps on n'a pas eu l'idée de tirer parti. Il y avait cependant beaucoup à faire dans ce sens. M. Tilloy-Delaume est l'auteur d'un procédé qui répare cet oubli ; son procédé est le suivant : Il recueille les vinasses qu'il traite par les acides, puis il les fait couler dans des citernes où elles reposent pendant plusieurs jours. La majeure partie des substances azotées se précipite, et, quand le liquide supérieur s'est éclairci, on le fait décanter. Le dépôt égoutté, à l'air d'abord, est séché ensuite a l'aide d'une chaleur modérée. Il se présente sous forme d'une matière pulvérulente de couleur gris noirâtre, presque sèche et facilement transportable.

Elle constitue un engrais riche, dont voici l'analyse faite par Corenwinder, le chimiste industriel du Nord si connu :

Eau		8 50
Matières organiques	69 54	
Azote (moyenne de deux analyses)	4 26	
	73 80	73 80
Matières minérales		17 70
		100 00
Azote dans 100 parties matières sèches		4 71

Cet engrais est aussi riche que les engrais de tourteaux à 1/4 pour cent près, et son prix est très modique, à cause du peu de frais occasionnés pour sa fabrication. Nous appelons l'attention des distillateurs sur sa production.

CHAPITRE VI

La rectification des alcools. — Epuration des flegmes. — Etude physique et physiologique des alcools impurs. — — Leur recherche. — La distillerie agricole. — Remontage et mouillage des alcools.

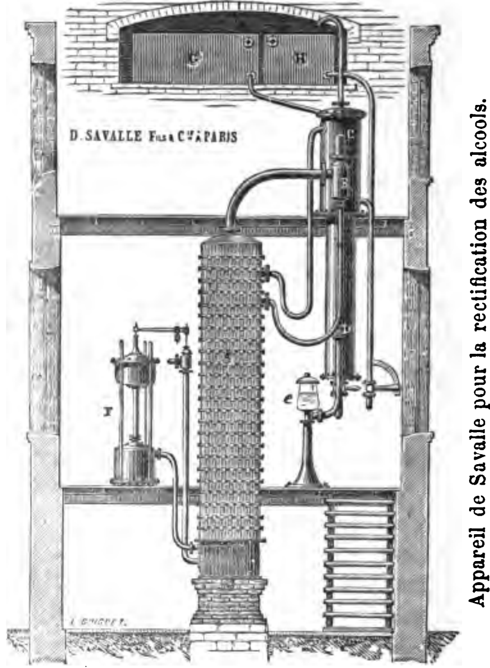
DE LA RECTIFICATION

Connaissant les différents produits que nous avons à éliminer des alcools, pour avoir un produit pur et ne contenant aucun produit toxique, nous pouvons examiner les différents systèmes en usage dans l'industrie. Pour arriver à ce résultat, nous devons laisser de côté les flegmes traités par le procédé Bang, puisque nous verrons que, par leur traitement, ils sont privés de tous produits toxiques, et qu'il n'y a plus qu'à les ramener au degré demandé par l'industrie. Occupons-nous seulement des flegmes industriels qui sont traités directement par les appareils perfectionnés construits par différents inventeurs.

La rectification en général se fractionne en trois opérations distinctes : la première comprend les alcools de tête, dont le point d'ébullition est inférieur à + 86° ; la seconde, ceux dont le point d'ébullition varie entre 68 et 100° qui constituent les alcools de moyen goût, les alcools fins et les alcools de cœur; enfin, ceux dont le point d'ébullition est supérieur à 100° en alcool de queue où on rencontre les alcools à formules élevées.

Ces bases étant bien établies, les constructeurs ont établi leurs appareils de manière à opérer automatiquement ce fractionnement et avec la plus grande économie.

Sans entrer dans la description de tous les systèmes employés, nous décrirons les principaux, en commençant par celui de M. Savalle, qui nous a paru le plus perfectionné, et pour éviter les causes d'erreur, nous transcrivons la description qu'il en donne lui-même (fig. 22).



Appareil de Savalle pour la rectification des alcools.

Fig. 22.

A. Chaudière en acier ou en tôle recevant l'alcool à rectifier. Cet alcool y est ramené, par une addition d'eau, à 40 ou 45° centésimaux, afin de faci-

liter la séparation des huiles essentielles infectes. La chaudière contient intérieurement un serpentin chauffeur, dont la disposition nouvelle facilite la sortie des vapeurs condensées, et donne une résistance plus grande à cette partie de l'appareil.

B. Colonne à diaphragme où s'effectuent des distillations multiples.

C. Condensateur analyseur tubulaire dont la fonction est de retourner à l'état liquide, vers la colonne A, les deux tiers des vapeurs alcooliques qu'on leur soumet à analyser, et à laisser passer l'autre tiers de ces vapeurs (dont le degré alcoolique est élevé) au réfrigérant.

D. Réfrigérant qui liquéfie et refroidit l'alcool rectifié.

E. Régulateur automatique réglant le chauffage de l'appareil et la production des vapeurs alcooliques avec la précision d'un millième d'atmosphère.

F. Eprouvettes pour l'écoulement du 3/6 rectifié, indiquant le volume de produit écoulé par heure.

G. Dôme de vapeur pour servir, à la fin des opérations, à la séparation et à l'élimination des huiles essentielles lourdes.

H. Réservoir à eau froide, à établir, pour alimenter le réfrigérant et le condensateur.

I. Réservoir à alcool brut, où sont renvoyés aussi les alcools secondaires.

g. Col de cygne des vapeurs alcooliques.

h. Rétrograde des alcools faibles.

i. Passage des alcools faits vers le réfrigérant.

j. Communication de pression aux régulateurs.

k. Alimentation des eaux froides de condensation.

l. Conduite des vapeurs de chauffage de l'appareil.

m. Trop-plein des eaux chaudes.



n. Conduite pour charger d'alcool brut la chaudière du rectificateur.

o. Trop-plein des réservoirs à eau, fonctionnant pour le maintenir toujours plein et obtenir l'alimentation de l'eau à une pression constante.

1. Robinet spécial au régulateur de vapeur.
2. Sortie des eaux de condensation de vapeur de chauffage.
3. Robinet double servant à remplir et à vider la chaudière.
4. Robinet régulateur pour admission de l'eau de condensation.
5. Robinet d'écoulement des alcools secondaires.
6. Robinet d'écoulement des éthers.
7. Robinet d'écoulement des alcools bon goût.
8. Reniflard pour empêcher l'écrasement de l'appareil par le vide.
9. Trou d'homme pour visiter le serpentin de chauffage de la chaudière.
10. Niveau d'eau indiquant le volume de liquide contenu dans la chaudière.
11. Thermomètre spécial aux appareils Savalle, indiquant les différentes phases de l'opération et le moment où il faut la terminer, en soutirant les huiles lourdes et infectes séparées par le travail.
12. Robinet de décharge des huiles essentielles.

L'examen de cette planche avec la légende que nous donnons suffit pour permettre de bien saisir la marche de l'appareil; cependant, il en est une pièce que nous devons décrire spécialement, c'est la nouvelle éprouvette jauge du système Savalle. En voici le dessin détaillé et la légende (fig. 23) :

B. Tuyau des alcools arrivant du réfrigérant.

C. Tubulure en cuivre, munie d'un robinet de dégustation.

D. Robinet de dégustation.
E. Eprouvette en cristal, munie de son tube gradué.
F. Orifice d'écoulement des alcools.

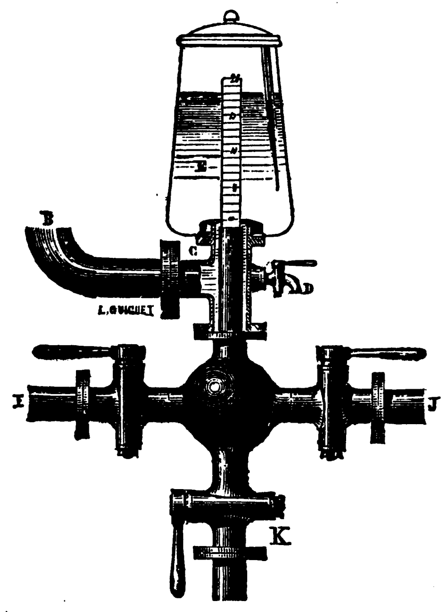


Fig. 23.

G. Réservoir de distribution.
K. Robinet d'écoulement des alcools mauvais goût, adapté à la partie inférieure du réservoir G.
I. Robinet des alcools secondaires.
J. Robinet des alcools bon goût.

Voici le fonctionnement de l'éprouvette : l'alcool arrivant du réfrigérant par le tube B, emplit d'abord la tubulure C, autour du tube gradué F, baigne le petit robinet de dégustation D et monte, pour se déverser graduelle-

ment par l'orifice d'écoulement pratiqué en F sur le tube gradué. Cet orifice est fixe et se trouve, une fois pour toute, réglé à la mise en train de l'appareil. N'ayant qu'une section d'ouverture restreinte, le jet d'alcool ne peut y passer en entier sans qu'une pression ne l'y oblige.

Le niveau du liquide s'élève alors dans l'éprouvette jusqu'au point où la pression qu'il opère sur l'orifice d'écoulement devient assez forte pour faire débiter à l'orifice le volume d'alcool qui arrive.

La nappe du liquide dans l'éprouvette subit ainsi des variations de niveau, constatées par une graduation, dont chaque division correspond à un volume différent et indique la quantité de liquide écoulée par heure.

Les alcools se rendent de l'éprouvette dans un réservoir de distribution G, muni de trois robinets. Le robinet K communique au réservoir qui doit contenir les alcools mauvais goût; le robinet I sert d'écoulement au réservoir des alcools secondaires; le robinet J donne accès aux alcools bon goût. L'on remarquera que ces trois robinets sont disposés de telle sorte que s'il s'échappe la plus petite quantité d'alcool mauvais goût, à la fin d'une opération, elle irait tomber au fond de la boule C, pour se rendre de là, par le robinet K, au réservoir de mauvais goût.

Cet appareil, bien réglé, rend les plus grands services, car le travail est pour ainsi dire automatique et n'exige qu'une surveillance très limitée. Son règlement s'opère d'après des données fournies par les constructeurs et selon l'importance du rectificateur. Mais avant d'indiquer la mise en train de cet appareil, il nous reste un point à examiner, c'est la saturation des acides contenus dans les flegmes et les alcools bruts.

On sait, en effet, que les flegmes et les alcools bruts contiennent des quantités d'acides, qui varient suivant leurs

provenances et les usines d'où elles sortent. Ces proportions sont très variables ; aussi la somme de matières alcalines employées à leur saturation est-elle variable. Différents alcalins peuvent être employés, soit la potasse perlasse, soit le carbonate de chaux, soit le blanc de Meudon, soit la soude. MM. Savalle préfèrent la potasse perlasse, et ils ont créé à ce sujet un petit appareil simple et bon marché dont ils se sont réservés la propriété.

Voici un tableau donnant les moyennes de potasse employée d'après de nombreux essais, ces chiffres ne sont qu'approximatifs et peuvent varier selon la nature et la provenance des produits.

Alcool de mélasse à 60°.	43 gr. par	hectolitre
— de garance à 75°.	6	—
— de grains à 55°.	95	—
— de raisins marcs à 86°.	20	—
— de fécule de p. de t., à 50°.	68	—
— de maïs à 60°.	75	—
— de betterave à 50°.	18	—
— de genièvre de Schiedam.	85	—
— d'eau-de-vie de cidre.	155	—
— de 3/6 de Montpellier à 86°	41	—
— de lichen de Norwège.	22	—
— d'eau-de-vie de la Rochelle	56	—

La dépense occasionnée par ce travail se trouve largement compensée par l'amélioration des produits obtenus.

CONDUITE DE LA RECTIFICATION

Nous continuons à donner textuellement les indications fournies par M. Savalle.

1° *Première opération.*

La première opération à faire consiste dans la satura-



tion des flegmes qui doivent être ramenés à 40 ou 50° par l'eau ; si ils sont d'un degré plus élevé, par suite d'additions d'alcools demi-fins à repasser, il faut pratiquer le même abaissement à 40 ou 50° au plus. Ceci est un point très important pour une bonne rectification.

2° *Deuxième opération : le chauffage*

Pour chauffer l'appareil, on ouvre d'abord le robinet de purges n° 4 puis celui de vapeur, en plein, pour chauffer promptement les flegmes.

3° *Ébullition*

Quand le contenu de la chaudière A est en ébullition, on ferme à moitié le robinet de vapeur, afin de purger sans soubresaut l'air contenu dans la colonne, puis on ouvre en plein le robinet d'eau de condensation n° 4.

4° *Chargement des plateaux de la colonne*

Les vapeurs alcooliques sont alors condensées en C, et retournent à l'état liquide par le tuyau *h*, garnir successivement tous les plateaux de la colonne B ; on reconnaît que les plateaux de celle-ci sont suffisamment garnis par le régulateur de vapeur qui à ce moment fonctionne.

Il se passe environ trente-cinq minutes, pendant lesquelles la pression monte graduellement dans le tube indicateur du régulateur ; cette pression est la représentation des couches successives d'alcool qui viennent garnir les plateaux de la colonne.

5° *Production de l'alcool à l'éprouvette*

Dès que tous les plateaux sont garnis d'alcool, on diminue l'arrivée de l'eau froide dans le condensateur C, de manière à ne plus condenser que les deux tiers de la vapeur arrivant dans le condensateur ; l'autre tiers se rend dans le réfrigérant D, et de là dans l'éprouvette.

6° *Fractionnement des produits*

Les premiers produits sont à 94° très éthériques, d'une odeur âcre, forte, et généralement d'une couleur verte. — On les laisse aller au réservoir à mauvais goût, aussi longtemps qu'ils sont imprégnés de cette odeur piquante. — On obtient ainsi environ 3 °/₀ du produit mis en travail. Ensuite l'alcool s'épure graduellement, il est d'une qualité supérieure au premier, on le désigne *moyen goût*, et il se mélange aux alcools bruts de l'opération du lendemain ; après commence, par le fractionnement, le 3/6 *bon goût* qui se reconnaît par sa neutralité, sa douceur et sa limpidité ; il se continue presque jusqu'à la fin de l'opération.

7° *Indication de la fin de l'opération*

Quand le thermomètre, posé sur le dôme G, marque 99° à 100° de température, on déguste le produit à l'éprouvette F, et on le fractionne en le renvoyant au réservoir à alcool *moyen goût* aussitôt que l'on observe que sa qualité diminue.

8° *Condensation des huiles à la fin du travail*

Puis, aussitôt que le thermomètre arrive à 101°, on fait cesser la production de l'alcool à l'éprouvette F, en ouvrant en grand le robinet d'eau de condensation n° 4. — Cette condensation a pour effet de maintenir l'alcool à fort degré dans le condensateur C, et dans la partie supérieure de la colonne, pour empêcher ces parties de l'appareil de s'imprégner d'huiles essentielles.

9° *Vidange des huiles et fin du travail*

Enfin, quand le thermomètre marque 102°, le liquide contenu dans celle-ci est épuisé d'alcool. On ouvre alors le robinet n° 3 de vidange des eaux de la chaudière, puis on tourne le robinet à trois eaux, n° 12, posé sur la partie

cylindrique de la chaudière, pour mettre en communication la colonne et le réservoir aux huiles. Enfin, on ferme immédiatement après le robinet de vapeur qui chauffait l'appareil ; comme la pression n'est plus maintenue dans la colonne B, les plateaux se vident successivement de haut en bas sur le plateau inférieur, qui communique au réservoir à mauvais goût par le robinet à trois eaux n° 12 ; à cette période de l'opération, les plateaux de la colonne ne contiennent plus que des huiles essentielles et de l'alcool mauvais goût ; on les envoie dans le réservoir où l'on a logé les produits éthérés au début de l'opération.

Dans la marche de cet appareil, l'opération commence quand les flegmes sont à 85°, et se termine quand la température est à 102°. Voici les résultats obtenus avec cet appareil dans l'usine de M. E. Porion à Wardrecques près Saint-Omer (Pas-de-Calais) :

3/6 mauvais goût à retravailler. . .	3 °/₀
3/6 moyens	21 28
3/6 extra fins.	71 58
3/6 mauvais goût à retravailler. . .	2 36
Perte	1 78
Total.	100 »»

En général, le rendement dans les usines les mieux montées est de :

Mauvais goût et moyen goût . .	17 50 °/₀
Alcool au cours (dit alcool fin). .	22 50
Alcool dit extra fin.	23 »»
Alcool de cœur (neutre)	37 »»
Total.	100 »»

M. Deroy fils aîné est également l'inventeur d'un rectificateur dont voici la description (fig. 24) :

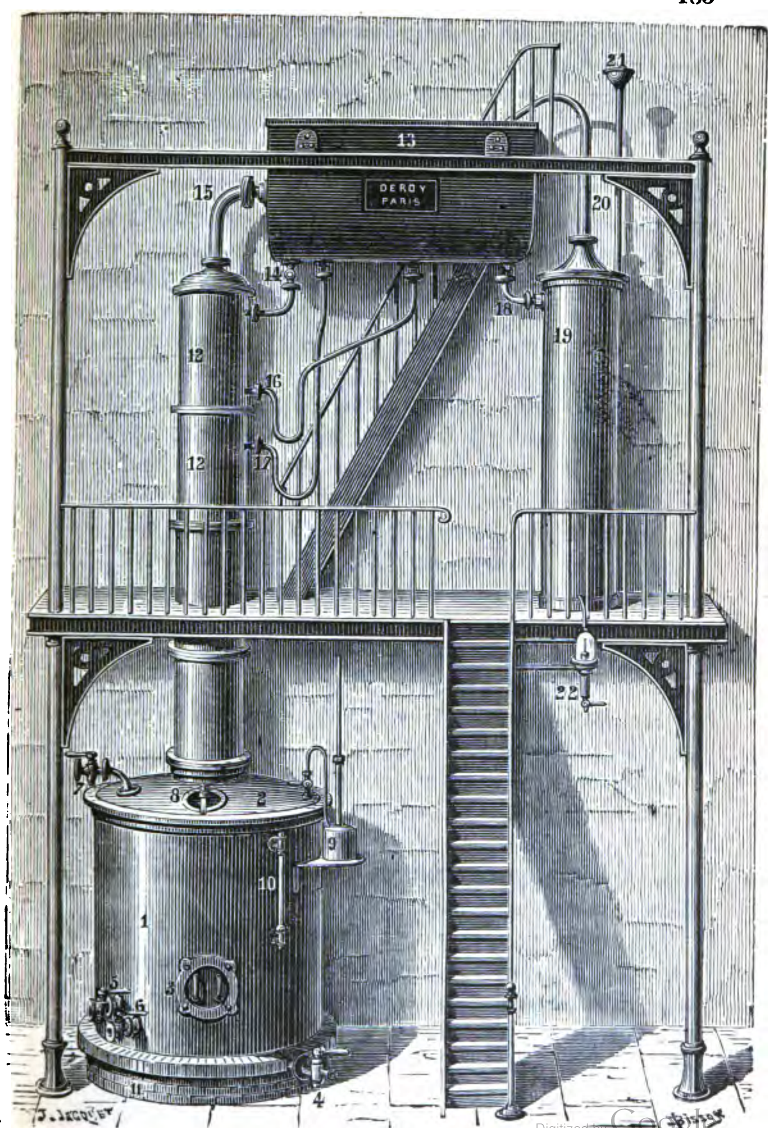


Fig. 24. — Rectificateur Deroy fils aîné.

La chaudière. où on introduit les flegmes, est généralement chauffée à la vapeur et on doit le faire le plus régulièrement possible, car ce point est de la plus haute importance. Le chauffage doit se faire progressivement de manière à permettre aux éthers de passer les premiers, ils s'élèvent dans la colonne où se trouvent les plateaux qui font une première sélection, les plus légers seuls atteignent le condensateur où une partie se condensent et retournent à la colonne ne laissant arriver au serpentin réfrigérant que ceux parfaitement purs, ce qui n'a pas lieu du reste d'une manière absolue et qui nécessite une nouvelle sélection. Du reste, quoique la construction de cet appareil diffère de celui de M. Savalle, la conduite et le fractionnement des produits sont à peu de chose près les mêmes, et les résultats obtenus sont bons, cependant, nous donnons la préférence à celui de M. Savalle, dont la manœuvre si simple n'exige pas, de la part de son conducteur, une connaissance très profonde du travail. En somme, que recherche-t-on dans un appareil, c'est la simplicité et la facilité de mise en œuvre.

Différents autres systèmes existent, nous n'avons pas la prétention de les décrire tous, le fabricant devra, avant de choisir, examiner le but qu'il veut atteindre et les moyens les plus économiques pour y arriver.

En résumé, sans nous arrêter trop longtemps sur les appareils de rectification, nous pouvons conclure que ce travail ne présente pas de grandes difficultés et qu'il faut se préoccuper surtout de leur rendement, le principe étant le même pour tous.

Cette question a perdu du reste une partie de son importance, depuis les derniers travaux chimiques faits pour la désinfection des flegmes, comme nous le verrons à la question de leur épuration par différents procédés. Là du reste était le nœud de la question, et nous croyons que la

solution en est très avancée, que sous peu on arrivera à la perfection, déjà on en est très rapproché et avec quelques efforts on aura atteint le but.

ÉPURATION ET DÉSINFECTION DES FLEGMES

Depuis de longues années, les rectificateurs de flegmes avaient constaté que, malgré les perfectionnements apportés à leurs appareils, le rendement en alcool bon goût n'augmentait pas d'une manière sensible, de là une perte dans leur fabrication. De plus, ils voyaient leurs produits souvent dépréciés, par suite de la saveur d'origine dont ils n'arrivaient pas à les débarrasser entièrement et qui, dans l'emploi comme vinage ou comme fabrication de liqueurs, reparaissaient avec une intensité nouvelle. Perdant confiance dans leurs rectificateurs perfectionnés, ils ont porté leurs études sur de nouveaux moyens pour améliorer leur travail. Ils ont employé alors deux sortes de moyens :

1° Les moyens physiques;

2° Les moyens chimiques.

Examinons donc la valeur de ces deux systèmes et leurs résultats réels.

Les moyens physiques sont assez nombreux, mais le premier qui a paru séduire les fabricants, c'est l'emploi du noir animal pur et lavé à l'acide. On sait que c'est un désinfectant et un décolorant énergique, surtout s'il a été au préalable énergiquement lavé à l'acide chlorhydrique. On fait donc passer les flegmes dans des filtres très hauts, dans le genre de ceux des sucreries et chargés de noir. Mais un phénomène nouveau se produisit. Le noir contient des matières empyreumatiques insolubles dans l'eau,

mais soluble dans l'alcool et l'inverse de ce qu'on attendait se produisit et des goûts tenaces furent communiqués aux flegmes au lieu de les neutraliser.

On supposa que leur titre alcoolique trop élevé pouvait être la cause de cet accident et on l'abaissa par l'eau, mais le résultat fut le même. Force fut d'abandonner cet ordre d'idées.

C'est alors qu'on eut recours au charbon de bois, procédé employé en Allemagne. L'idée était bonne, ce corps est un absorbant énergique, sans saveur, et ne contenant pas de principes empyreumatiques. Les premiers appareils consistaient en fûts défoncés d'un bout, au fond desquels on mettait un double fond percé à jour, on les remplissait d'environ 150 kilogrammes de charbon de bois bien brûlé et on y faisait passer lentement environ 60 litres de flegmes à 50° par vingt-quatre heures. Les résultats furent bons, mais ces filtres perdaient rapidement leurs propriétés absorbantes et la fréquence de leur renouvellement rendait ce travail coûteux.

En Allemagne, on perfectionna le travail en remplaçant ces filtres primitifs par des batteries composées de huit cylindres en cuivre chargés de charbon, de bois et au travers desquels l'alcool devait circuler successivement. M. Savalle a construit un appareil dans cet ordre d'idée, où, avec 100 kilogrammes de charbon on peut filtrer environ 2,000 litres d'alcool. C'était un progrès, et son application donna de bons résultats, surtout pour ce qui regarde l'élimination des alcools à formules élevées, c'est-à-dire, de ceux qui forment les produits de queue. Mais cet avantage se trouva annulé par une élévation de dépense telle dans la fabrication qu'il fallut y renoncer. Du reste, outre cela, il y a une difficulté très grande dans ce travail, c'est la fabrication du charbon qui doit remplir des conditions spéciales qui exigent une attention très

grande, et dont la négligence peut compromettre d'une manière absolue le succès de l'opération.

On connaît la propriété de l'huile d'olive épurée, d'absorber avec une grande facilité les odeurs, c'est-à-dire les huiles empyreumatiques et les essences. Témoin son emploi dans l'extraction des odeurs de certaines plantes qui ne donnent rien à la distillation. Il est tout naturel qu'on ait eu l'idée d'appliquer cette propriété à la désinfection des flegmes, chargés d'huile empyreumatique. On employa différents systèmes ; d'abord l'agitation des flegmes, dans un milieu clos, avec une certaine quantité d'huile d'olive qu'on séparait ensuite par le repos, en vertu des différences de densité, puis la circulation forcée de l'huile en gouttelettes très fines au milieu de flegmes dans des récipients très hauts, de manière à avoir une colonne liquide très épaisse.

Mais le résultat fut encore médiocre ; en effet, l'huile enleva bien quelques huiles lourdes, et quelques alcools à formules élevées, mais les aldéhydes, les éthers et certains alcools impurs restèrent dans la masse ; de plus, on se trouva en présence d'une grosse difficulté, c'était d'avoir des huiles absolument franches de goût et n'en communiquant aucun aux alcools ; la rareté de ce produit et son prix élevé ont bien vite fait abandonner ce procédé qui cependant avait quelque chose de séduisant.

Cette épuration par l'huile, nous le verrons, a été reprise plus tard par un savant qui l'a remplacée par un autre produit et qui a obtenu les résultats les plus perfectionnés que nous connaissions.

Les procédés physiques ne donnant aucun résultat pratique, on s'adressa à la chimie où les ressources sont plus grandes.

Une des premières idées fut d'employer les oxydants,

c'est-à-dire de résinifier les huiles empyreumatiques. On appliqua successivement les oxydes métalliques, l'acide nitrique, l'acide chromique, les permanganates alcalins, l'acide chlorique, les hypochlorites alcalins, l'oxygène, l'ozone, l'air, etc., etc. Le tout sans beaucoup de succès et au contraire, souvent, avec de graves inconvénients, des pertes sérieuses dans le rendement, et la production de goûts nouveaux dont on ne pouvait se débarrasser. On produisit de nouveaux aldéhydes, de l'acide valérique, des éthers divers et du chloroforme, enfin une série de produits nouveaux nuisibles à la fabrication.

En 1867, M. Lair imagina de pratiquer l'oxygénation des flegmes par l'air. Son procédé consistait à insuffler violemment de l'air finement divisé dans des flegmes à 70° de température et ramenés à un bas titre. Il se produisit des réactions multiples, l'air n'agit que sur les produits de tête, les éthers et les aldéhydes, de plus, cette masse d'air se trouvant en contact avec les vapeurs alcooliques à une température relativement élevée, il se forma immédiatement de l'éther éthylacétique et de l'acide acétique au dépend de l'alcool, cause de perte dans le travail. Cette insufflation d'air était prolongée de 15 à 20 heures, et les appareils au moyen desquels on la pratiquait étaient coûteux, force fut d'abandonner cette idée qui, au premier abord, avait séduit le public des distillateurs.

D'autres auteurs firent de nouvelles tentatives au moyen de l'air ozonisé, mais sans plus de succès. On se retourna alors du côté des agents chimiques, on essaya l'acide sulfurique qui eut pour conséquence la formation d'éther sulfurique au dépend de l'alcool et donna aux flegmes un goût particulier dont on ne pouvait les débarrasser et faisait rejeter par le commerce l'alcool qu'on en obtenait. On employa successivement l'alun, l'alumine, certains phosphates, le tannin, tous corps sans aucune action sur les



produits de tête et de queue, ils furent également abandonnés.

La soude, la potasse, la chaux, l'ammoniaque furent aussi employées et donnèrent des résultats assez variés, mais qui n'arrivaient pas au but cherché, aussi on se rejeta sur de nouveaux produits, tels que l'aluminate de baryte, l'acétate de plomb, l'azotate d'argent, qui n'eurent pas plus de succès. Ce dernier donna lieu à la formation de produits dangereux, sortes de fulminates.

Infatigables dans leurs recherches, les inventeurs firent des essais avec des métaux facilement sulfurables, mais on arriva toujours à des résultats négatifs et rien ne valait le charbon de bois.

Il y a quelques années un ingénieur, M. Naudin, fit faire un réel progrès à la distillerie, il avait constaté que les flegmes contiennent des corps non saturés et par conséquent réducteurs, très odorants et sapides, parmi lesquels on rencontre les aldéhydes éthylique, propilique, butyrique et amylique. Il s'agissait de produire l'hydrogène naissant de manière à le leur faire absorber et les transformer en alcool, en vertu de la formule suivante :

$$\underset{\text{Aldéhyde}}{C^4H^4O^2} + \underset{\text{Hydrogène}}{2H} = \underset{\text{Alcool vinique}}{C^4H^6O^2}$$

Pour arriver à ce but, il opéra comme suit :

Les flegmes étaient assez fortement acidifiés par l'acide sulfurique, puis versés dans des réservoirs où ils se trouvaient en contact avec du zinc très divisé. Il se formait alors une sorte de pile électrique, le zinc, décomposé par l'acide en présence de l'eau, se transformait en sulfate de zinc et donnait une masse assez considérable d'hydrogène naissant qui agissait directement sur les produits désignés plus haut. Une double réaction se produisait, du reste, sous l'influence du courant électrique, non seulement

on avait production d'hydrogène, mais aussi d'oxygène.

L'hydrogène, d'après M. Naudin, réduisait les produits de tête à l'état d'alcool, tandis que l'oxygène, suroxydant les produits de queue, les neutralisait et les empêchait de passer à la rectification.

Cette théorie, séduisante à première vue, ne donna pas ce qu'on avait prévu ; plusieurs usines se montèrent dans le but d'exploiter ce brevet, mais les résultats négatifs obtenus le firent abandonner. Cependant, il faut avouer que les alcools obtenus étaient supérieurs à ceux des autres distilleries.

Enfin M. Bang, Danois d'origine, mais devenu Français, ancien chef du laboratoire du regretté Wurtz, le doyen de la Faculté de médecine, parait avoir trouvé la solution du problème.

Le procédé de M. Bang est basé sur les réactions fondamentales suivantes :

1° Les alcools de queue (amylique, isobutylique, etc., etc.) sont entièrement solubles dans les hydrocarbures lourds ou légers (huile ou essence de pétrole), tandis que l'alcool ordinaire y est tout à fait insoluble, lorsqu'il est suffisamment étendu d'eau (flegmes à 28° ou 30° d'alcool).

2° L'aldéhyde et les autres produits de tête sont insolubles dans les hydrocarbures, mais les composés que les produits de tête forment, lorsqu'on les met en présence des alcalis (polymérisation des chimistes), se dissolvent intégralement dans les hydrocarbures. Ces combinaisons des aldéhydes avec les alcalis sont assez solubles dans l'alcool qu'elles colorent d'une manière plus ou moins intense, suivant leur quantité. Des traces de ces corps polymères sont décelées par la coloration qu'elles communiquent à l'alcool.

3° L'acide sulfurique concentré enlève à l'hydrocarbure la *totalité* des alcools de tête et de queue qui s'y trouvent

dissous, les premiers à la faveur de la soude ou de la potasse, les seconds spontanément, par leur contact avec l'hydrocarbure.

Ces trois points, bien prouvés par de nombreuses expériences, devaient servir à M. Bang pour établir son procédé de désinfection des flegmes ; mais ce n'est qu'après quatre années de travail, qu'il est arrivé à vaincre toutes les difficultés pratiques qui ne manquèrent pas de se produire. Le choix d'un hydrocarbure, se prêtant bien à ce genre de travail, est peut-être ce qui fut le plus difficile à obtenir. Les hydrocarbures légers, les essences de pétrole sont d'un maniement dangereux, il y renonça.

Il arrêta son choix sur les hydrocarbures lourds peu volatils, de la série grasse saturée ($C^nH^{n2} + 2$) qu'on trouve couramment dans l'industrie des pétroles. Le type dont il se sert, spécialement fabriqué pour cet usage, a un poids spécifique de 810 à 820 ; il n'émet de vapeurs inflammables qu'à 140 degrés et n'offre aucun danger d'incendie.

Etudions maintenant le procédé pratique de l'application de cette découverte.

Les flegmes, ramenés à 30° alcooliques, sont introduits dans un grand bac, on y ajoute alors par petite quantité, en agitant, de la soude caustique, préférable à la potasse par son bon marché et sa plus grande solubilité. Les flegmes semblent se saturer de suite, ils ne donnent plus aucune réaction acide ; mais si on suspend les additions de soude, une heure ou deux après l'alcalinité a disparu, signe évident que l'aldéhyde, en se dédoublant, a saturé la soude. On continue alors l'addition de l'alcali en agitant, et ce, jusqu'à ce que la saturation reste franche.

Cette première opération a pour but la transformation

des produits de tête, et de sa plus ou moins bonne exécution dépend la réussite de l'opération.

Les flegmes alcalinisés sont alors versés, au moyen de pompes, dans un grand réservoir, de contenance variable suivant l'usine, mais de 400 à 800 hectolitres environ, pourvu à sa partie supérieure d'un tube muni d'un robinet, et à sa base d'un serpentin percé d'un grand nombre de petits trous. Quand les flegmes arrivent à l'orifice supérieur du premier tube, au moyen d'une pompe foulante, on envoie l'hydrocarbure dans le serpentin, là il s'échappe par les petits trous, très divisé, traverse toute la masse de bas en haut en vertu de sa différence de densité, et s'empare de toutes les impuretés contenues dans les flegmes, alcools supérieurs et inférieurs.

Après avoir traversé la masse, il se rassemble à la partie supérieure du bac où il forme une couche de quelques centimètres d'épaisseur et s'écoule par le tube supérieur dont on a ouvert le robinet qui le conduit dans le décanteur où il laisse déposer les impuretés solides, puis, on le fait passer dans un autre réservoir plein d'eau où il abandonne le peu d'alcool qu'il a pu entraîner, et enfin de là il est envoyé dans des caisses remplies au 3/4 de morceaux de verre imbibés d'acide sulfurique à 66 degrés, ces caisses sont disposées de manière à ce que l'hydrocarbure, arrivant par le bas, traverse la masse acide de bas en haut. Sa purification se fait alors rapidement avec une légère perte de 3 °/o et il est renvoyé de nouveau dans le bac aux flegmes.

En effet, une seule insufflation d'hydrocarbure n'a pas suffi pour les désinfecter, et cette opération doit durer de 24 à 48 heures selon la plus ou moins grande résistance qu'elles prêtent à la purification.

Après ce travail, si simple, la désinfection est complète

et on peut retirer de 100 litres d'alcool impur, 97 litres d'alcool exempt de produits étrangers. Du reste, on verra, par le tableau qui suit, le rendement en alcool pur, comparé à celui obtenu par les appareils les plus perfectionnés.

	Procédé ordinaire	Procédé Bang
	°/°	°/°
Alcool à repasser. .	17.43	6.47
Alcool fin.	22.42	10.15
Alcool extra fin. . .	23.15	14.19
Alcool de cœur. . .	37. »	69.18

La différence considérable que révèle la comparaison des deux procédés réside moins dans les écarts entre la production d'alcools marchands, 82.57 °/° dans le premier cas, 93.53 (dont 69 d'alcool de cœur) dans le second, que dans les faits déjà indiqués plus haut. Avec l'outillage le plus perfectionné, les distilleries de l'ancien système arrivent finalement, quoiqu'elles fassent, à une production de 17 à 20 °/° d'alcool mauvais goût, qu'aucun traitement ne peut débarrasser de leurs impuretés. Le procédé à l'hydrocarbure permet au contraire, si on le veut, de transformer la totalité de l'alcool des flegmes, sauf le déchet de 3 °/° en alcool pur, dépouillé de principe vénéneux.

En effet, tandis que les distillations fractionnées laissent, en fin de compte, subsister les 17 °/° d'alcool mauvais goût, le traitement des 6 à 7 °/° des mêmes produits, dans les procédés à l'hydrocarbure, leur enlève la totalité des alcools de tête et de queue.

L'importance des résultats obtenus par ce procédé n'échappera à personne, et nous sommes fondés, croyons-nous, à dire que la solution du problème est enfin trouvée,

sauf toutefois à ce qu'un nouvel inventeur puisse faire mieux.

L'expérience pratique a démontré l'excellence du procédé, et déjà, en France et en Belgique, plusieurs usines l'ont adopté et leurs produits résistent à toutes les réactions ayant pour but de démontrer la présence de produits toxiques de tête ou de queue.

Les flegmes, épurés par le procédé Bang, sont ramenés au degré exigé par le commerce, 96° à 97° alcooliques, dans les appareils rectificateurs ordinaires. La marche de la rectification n'est donc nullement changée, si ce n'est qu'on épure les flegmes avant de les ramener au degré voulu. La faible dépense occasionnée par cette épuration est plus que compensée par l'augmentation de rendement et la plus-value de l'alcool.

Nous terminons là le travail de l'épuration de l'alcool, car nous croyons que le sujet est épuisé.

ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DE L'ALCOOL ET SES PROPRIÉTÉS

Avant de nous livrer à l'étude des alcools impurs et des moyens de les éloigner de la consommation, il serait, nous pensons, utile de passer rapidement en revue les propriétés physiologiques de l'alcool en général sur l'organisme humain ; sans approfondir la question, quelques notions sur ce sujet ont leur application dans ce travail.

L'alcool versé dans l'estomac s'absorbe rapidement, il produit sur les voies digestives une irritation locale, c'est une vive chaleur qui commence à la bouche, puis sur les parois de l'œsophage et enfin dans l'estomac, action d'autant plus vive que le degré du liquide est plus élevé. Il active la salivation et accélérant les fonctions des

glandes peptinicres, il agit sur les phénomènes chimiques de la digestion, ce qui l'a toujours fait considérer comme un digestif. Il accélère les battements du cœur, car la pression du sang augmente dans les artères, Son action sur la température du corps est variable selon les sujets ; chez les uns il l'élève, chez d'autres il l'abaisse. Une de ses actions les plus remarquables, c'est son influence sur les urines. Il en augmente considérablement la sécrétion, et il agit également sur l'urée ; mais, sans aller plus loin, nous pouvons déjà admettre qu'il excite l'appétit, stimule le système nerveux, vivifie les fonctions vitales et est d'un grand secours pour la classe ouvrière qui se livre à des occupations pénibles, il le soutient, lui donne une nouvelle vigueur. L'homme âgé, le vieillard surtout, en a besoin pour ranimer ses fonctions animales qui tendent à se paralyser, c'est comme un coup de fouet qu'il leur donne. L'enfant même qui se livre à un travail pénible en a besoin pour exciter les fonctions de l'estomac, car il doit absorber un volume assez considérable de nourriture pour remplacer ce que la fatigue lui fait perdre et subvenir aux besoins de sa croissance. L'alcool au point de vue alimentaire est donc une bonne chose, l'abus seul est nuisible.

Mais poussons plus loin nos études sur l'action de ce corps et voyons comment il pénètre dans notre organisme et y agit si directement. Nous avons vu qu'il s'est rapidement absorbé par les vaisseaux de cet organe ainsi que par les intestins. Magendie, le premier, a démontré que cette absorption se fait par les veines et qu'ainsi il pénètre dans le sang, ce qui explique son invasion dans toute notre économie. Il irrite topiquement la substance nerveuse et les vaisseaux qui le conduisent et produisant d'abord de l'excitation, puis plus tard de la paralysie dans tous les centres cérébro-médullaires, ce qui explique

une partie des phénomènes observés dans son abus. Chimiquement, sa décomposition dans l'estomac, en présence des matières organiques et de la température, en aldéhyde, acide acétique, acétone; sa transformation dans le foie et enfin ses dédoublements dans la circulation, sont autant de phénomènes qui justifient les faits observés.

A la dose rationnelle, l'alcool est un aliment respiratoire utile ; mais, avant les travaux de M. Jaillet, bien des faits restaient inexpliqués, c'est lui qui a donné la solution de la question en exposant sa théorie sur l'action de l'alcool sur les globules rouges du sang. Nous n'exposerons pas cette théorie, trop savante pour un travail de ce genre, contentons-nous de constater qu'elle a permis d'expliquer une partie des accidents produits par l'excès d'absorption de ce liquide, bienfaisant à doses modérées, mortel quand on outrepasse les limites admises, et qu'on en arrive à ce qu'on appelle l'alcoolisme.

Dans tout ce qui précède, il est bien entendu que nous n'avons entendu parler que de l'absorption de l'alcool éthylique pur ou aussi pur que possible, mais malheureusement il n'en est pas ainsi dans la pratique journalière, l'alcool de vin, que nos pères avaient l'habitude de consommer, et qui, pris à doses modérées, avait une action salutaire sur les fonctions vitales, a été remplacé par d'autres produits dont les propriétés sont bien différentes. Les mœurs ont changé, les cabarets se sont multipliés, l'habitude de boire s'est développée à l'excès, et bientôt le vin, devenu trop cher, a été remplacé, par l'ouvrier, par l'alcool sous toutes espèces de formes.

Les maladies de la vigne, cryptogames ou insectes, ayant amené une diminution considérable dans la quantité de vin produite, son prix s'est élevé et il n'a plus été possible de le brûler pour en extraire l'alcool sous forme d'eau-de-vie. Cette opération n'était plus possible que

pour des produits dont le prix de vente très élevé donnait un bénéfice certain au producteur. Pour la consommation de la classe ouvrière, il a fallu que le commerce s'adresse à d'autres sources, c'est alors que les distillateurs du Nord ont inondé les marchés de leurs produits, alcools de betteraves, alcools de mélasses, alcools de pommes de terre, alcools de grains, produits en somme d'une pureté douteuse et auxquels les hygiénistes attribuent les ravages exercés par l'alcoolisme. C'est cette étude qui va nous occuper, car elle a une importance capitale dans la question ; nous n'entrerons pas à fond dans tous les travaux publiés à ce sujet, mais nous ne pouvons nous dispenser d'en donner un résumé aussi rapide que possible.

Depuis cinquante ans environ, la consommation des alcools a augmenté du triple en France et dans quelques autres pays d'Europe. Cet accroissement des habitudes d'intempérance a amené des accidents fâcheux à bien des égards, accidents dont les médecins ne s'expliquent pas les causes déterminantes par la forme nouvelle qu'ils revêtent, mais qu'ils attribuent en général à l'introduction dans la fabrication des liquides de produits nouveaux dont la source est incontestablement dans les alcools d'industrie. Ces alcools sont loin d'être épurés d'une manière satisfaisante, car, en présence de la concurrence, le commerce recherche le bon marché et c'est naturellement au détriment de la qualité qu'il y arrive, et, loin de livrer l'alcool éthylique pur, il vend des flegmes imparfaitement purifiés, contenant une partie des produits de tête qui se composent des aldéhydes et des éthers ; puis les produits de queue ou les alcools propyliques, butyliques, amélyques, etc.

Une rectification correctement faite ne devrait laisser passer aucun de ces produits, mais jusqu'à ce jour on ne

possédait aucun procédé pour les éliminer. C'est à ces produits divers que les hygiénistes attribuentles accidents nouveaux constatés par les médecins. Aussi, en présence de leurs plaintes, l'Académie des sciences n'a pas hésité à nommer une commission chargée d'étudier cette question complexe. Examinons donc, d'après l'opinion de cette savante corporation, la nocuité de ces différents éléments.

Des expériences multiples ont été faites au moyen de l'alcool éthylique sur des animaux comparativement avec les alcools considérés comme toxiques, c'est-à-dire ceux de tête et de queue. Ces expériences ont été faites à doses massives, c'est-à-dire capables de produire rapidement la mort, soit dans les vingt-quatre ou les trente-six heures. MM. Dujardin-Beaumetz et Audigé ont démontré, par exemple, que l'aldéhyde et l'alcool amylique sont bien plus actifs que l'alcool éthylique. Il faut six fois moins d'aldéhyde et quatre fois moins d'alcool amylique que d'alcool ordinaire pour tuer, dans les mêmes conditions, les mêmes animaux.

Mais ces expériences par voie hypodermique à dose massive ou par simple ingestion ne paraissent pas suffisamment concluantes pour démontrer l'influence toxique des alcools d'industrie, et permettre de déterminer exactement dans quelles proportions il serait possible de tolérer leur présence dans les alcools livrés à la consommation.

Des expériences faites, par M. Le Bel, d'Henninger, et MM. Ordonneau et Morin, puis M. de Luynes au nom de la commission extra-parlementaire, laissent une marge assez grande dans la tolérance quantitative à accorder à ces produits.

La diversité de ces opinions sur la nocuité de ces produits a naturellement mis cette commission dans un

grand embarras ; aussi ne s'est-elle pas prononcée d'une manière formelle et a-t-elle porté toutes ses études sur la recherche des produits étrangers à l'alcool éthylique pur. C'est ce qui a amené le gouvernement à fonder un prix de 50,000 francs pour récompenser le meilleur travail sur ce sujet.

Examinons quels sont les principaux produits contenus dans les alcools d'industrie avant de nous occuper de leur recherche.

Voici, d'après MM. Dujardin-Beaumetz et Audigé, la nomenclature de ces alcools et leurs doses moyennes toxiques par injections hypodermiques :

Désignation des alcools et de leurs dérivés		Dose toxique par kilogr. du poids du corps du sujet.	
		à l'état pur	à l'état de dilution
Alcool éthylique,	$C^4H^6O^2$	8g	7g75
Aldéhyde acétique,	$C^4H^4O^2$		1g à 1.25
Ether acétique,	$C^8H^8O^4$		4g
Alcool propylique,	$C^6H^8O^2$	3.90	3.75
Alcool butylique,	$C^8H^{10}O^2$	2	1.25
Alcool amylique,	$C^{10}H^{12}O^2$	1.70	1.80 à 1.10

L'examen de ce tableau fait voir que, plus la formule de l'alcool est élevée, plus il est toxique, et qu'il y a un grand intérêt au point de vue de l'hygiène de les éloigner de la consommation.

C'est ce qui explique tout le soin que nous avons pris, dans l'exposé qui suit, de la recherche des produits toxiques contenus dans les alcools de mauvaise qualité, livrés aux consommateurs par une industrie qui n'est pas assez surveillée et qui a besoin d'une réglementation toute nouvelle.

RECHERCHE DES ALCOOLS IMPURS

De ce qui précède, nous avons vu quel intérêt immense

il y a, pour le distillateur, à posséder des moyens pratiques d'essayer lui-même la pureté des alcools qu'il livre au commerce ; c'est cette étude que nous allons entreprendre, mais en écartant tout ce qui pourrait compliquer ce travail et dans le but de le mettre à la portée de tous.

Le gouvernement, justement préoccupé des conséquences graves, au point de vue de l'hygiène, de l'impureté des alcools livrés à la consommation, a chargé une commission spéciale d'étudier les procédés de rectification en usage et les moyens fournis par la science pour contrôler les résultats obtenus. Par l'organe de M. Léon Say, cette commission a adopté les conclusions suivantes :

La commission émet en conséquence l'avis que, dans l'état actuel de la science, la méthode de Rose peut être employée pour distinguer les alcools qui peuvent être admis dans la consommation de ceux qu'il est nécessaire de proscrire.

Dans tous les établissements de rectification, le service des contributions indirectes devra prélever des échantillons qui seront soumis au jugement des laboratoires.

Les laboratoires distingueront les alcools comestibles pouvant être admis à sortir librement des alcools qualifiés impurs, impropres à la consommation.

Les alcools impurs constitueront des résidus auxquels il ne pourra être donné qu'une des trois destinations suivantes :

1° Le repassage à l'épuration ; 2° la dénaturation pour ceux destinés à être employés en France aux usages industriels ; 3° l'exportation.

Quant au type, la commission a pensé qu'il était possible d'adopter une limite de pureté supérieure à celle que l'administration suisse considère comme suffisante.

Tout alcool dans lequel on constatera plus de *deux*

millièmes à l'essai Rose devra être exclu de la consommation.

Ces conclusions sont dures pour l'industrie, qui, dans l'état actuel, ne peut les supporter, sauf cependant ceux d'un seul procédé, celui de M. Bang, dont nous aurons à nous occuper, car pour les autres, seuls les alcools de cœur, soit 37 °/₀ du rendement, peuvent résister à cet essai, qui est loin d'être à l'abri de la critique, comme nous le verrons. Voici sa description telle qu'elle est donnée par différents auteurs :

Procédé Rose (dit procédé Suisse)

Le procédé Rose est basé sur l'emploi du chloroforme : Dans un tube fermé à sa partie inférieure, gradué dans sa partie moyenne et qui s'évase à la partie supérieure en une boule, qu'on peut boucher hermétiquement, on introduit 20 centimètres cubes de chloroforme pur et 100 centimètres cubes de l'alcool suspect, lequel doit marquer 50 degrés à l'alcoomètre centésimal.

On ferme la boule au moyen d'un bouchon à l'émeri et on plonge l'instrument dans un vase profond renfermant de l'eau à + 15°. Après quelque temps, on agite fortement, puis on plonge de nouveau l'instrument dans l'eau.

Le chloroforme se sépare et occupe alors un volume d'autant plus considérable que le liquide essayé est riche en huile de fusel. L'augmentation de volume est en moyenne de 2 centimètres cubes par centième d'alcool amylique.

Ce procédé, adopté en Allemagne et en Suisse, semble avoir satisfait les experts de la commission des alcools, mais il est loin de répondre au programme indiqué, et les critiques dont il est l'objet de la part de praticiens, tels

que M. Durin et autres, nous permet d'avoir des doutes sur sa valeur.

Son adoption par l'administration des contributions indirectes serait un vrai désastre pour la distillerie ; aussi, sommes-nous convaincus que la commission, nommée par l'Académie des sciences, pour l'étude des procédés à employer, ne lui donnera pas sa sanction, car, comme nous le verrons plus loin, d'autres procédés donnent des résultats beaucoup plus parfaits. Il y a dans la pratique du procédé Rose une difficulté très grande à maintenir les tubes à une température constante de + 15°, et du moindre changement dans la température, découle une foule de modifications dans les résultats obtenus, comme dans la durée de l'opération. M. Bardy, chef du laboratoire du ministère des finances le défend, mais un grand nombre de chimistes éminents en demandent le rejet. Nous ne nous prononcerons pas pour ou contre, nous renvoyons nos lecteurs à l'étude de la controverse qui s'est élevée à ce sujet, elle est du plus haut intérêt, mais ne peut trouver place dans un manuel pratique.

Procédé Ch. Girard

Ce chimiste emploie le procédé suivant pour s'assurer de la pureté en général d'un alcool et surtout déterminer la présence du furfurol. Dans une éprouvette en verre, on verse de 3 à 4 centimètres cubes d'alcool, on y ajoute 2 ou 3 centimètres cubes d'acide acétique pur, puis on laisse tomber une ou deux gouttes d'aniline pure. Si l'alcool contient du furfurol, le mélange se colore en rouge plus ou moins foncé, selon que le furfurol s'y trouve en plus ou moins grande quantité. Si l'alcool n'en contient pas de trop, le mélange reste incolore.

La présence du furfurol dans l'alcool indique qu'on est

en présence d'alcool d'industrie, ou d'alcool mal rectifié, il doit être rejeté de la consommation.

Essai par la potasse

Lorsqu'on mélange volumes égaux d'alcool et d'une solution de potasse à 20 °/₀, et qu'on porte ensuite lentement le mélange à l'ébullition, il se présente deux cas. Si l'alcool est pur, il n'y a pas coloration, s'il est impur, il se colore en jaune plus ou moins foncé, suivant son degré de pureté. Cette coloration est, croit-on, due en partie aux aldéhydes.

Essai par l'acide sulfurique

On verse dans un tube 15 centimètres cubes d'alcool et 15 centimètres cubes d'acide sulfurique pur à 66°, et bien blanc; on agite fortement. L'alcool pur ne colore pas l'acide, l'alcool impur le colore en brun plus ou moins intense. Cette coloration est due aux huiles essentielles. Cette réaction laisse beaucoup à désirer et est d'une pratique difficile, car il faut avoir de l'acide sulfurique absolument pur.

Le capillaromètre

Le capillaromètre est un petit instrument basé sur ce fait : que l'élévation dans un tube capillaire, de solutions étendues de corps organiques d'une même série, diminue fortement, même à teneur égale, si le poids moléculaire du corps devient plus considérable. Il en fut déduit que la présence des alcools supérieurs, qui constituent la majeure partie du fusel ou impuretés alcooliques, peut être constaté dans l'alcool par la diminution très sensible de la hauteur de la colonne capillaire, d'un liquide connu.

L'appareil est un tube très petit et pourvu d'une échelle

finement divisée, sur laquelle on lit la hauteur des colonnes alcooliques correspondant aux alcools à essayer, ramenés à 20 %.

Les résultats fournis par cet appareil ne donnent d'indications que pour les alcools supérieurs, et si les alcools inférieurs dominent, les résultats obtenus sont absolument faussés.

Le stalagmomètre de Traube

Le stalagmomètre ou compte-gouttes repose sur cette observation que les alcools d'une richesse donnée (30 °/₀ en volume) fournissent, lorsqu'on les fait écouler par un orifice très étroit, un nombre de gouttes d'autant plus grand qu'il est plus riche en impuretés. Du nombre de gouttes obtenu, comparativement à celui fourni par l'alcool pur, on déduit sa plus ou moins grande pureté

L'alcool pur donne 100 gouttes, par exemple, le même volume d'alcool renfermant un millième de fusel, en fournira 101.6.

M. Duclaux a fait de nombreuses observations au moyen, non du stalagmomètre de Traube, mais d'un simple compte-gouttes. Il avait déjà, dès 1874, constaté l'augmentation du nombre de gouttes obtenu avec un volume déterminé d'alcool à mesure que son titre d'impureté s'élevait; mais, par contre, il rencontra de grandes difficultés dans l'application pratique de ce mode d'opérer.

Le point délicat à déterminer était le degré de l'alcool le plus favorable pour avoir un résultat constant. Ses essais furent fait à différents degrés, et il arriva à cette conclusion, c'est que le maximum de force ne doit pas dépasser 25° (Gay Lussac) et ne pas être inférieur à 20 .

Un mélange de quatre-vingt-dix-huit parties d'alcool pur et deux parties d'alcool amylique ramené à 20° par

l'eau donne 118 gouttes, tandis que l'alcool pur en donne 100. Cette différence sensible permet d'apprécier 1/500 environ d'alcool amylique dans l'alcool ordinaire.

Ces deux procédés sont d'une extrême délicatesse et exigent une grande habileté de main; aussi généralement a-t-il été abandonné par les commissions d'expertise.

Procédé Godefroy

Ce procédé est basé sur l'emploi de la benzine cristallisable et de l'acide sulfurique.

On verse dans un tube à essai ordinaire 6 à 7 centimètres cubes de l'alcool à essayer, on y ajoute *une seule* goutte de benzine cristallisable, parfaitement pure, on agite, on verse dans le mélange 6 à 7 centimètres cubes d'acide sulfurique pur à 66°, et l'on agite de nouveau de manière à opérer un mélange parfait.

Produits de tête. — Aldéhydes et autres. Si l'alcool renferme de ces composés réducteurs, il se produit aussitôt une coloration qui peut varier du jaune brun clair au noir, et qui fonce pendant quelques instants.

Avec l'alcool éthylique chimiquement pur, il ne se produit rien au début, mais au bout de dix minutes le mélange prend une teinte légèrement rosée.

Cette réaction, très sensible, permet de décéler un millionième de produits réducteurs, soit 1 centimètre cube dans 100 litres d'alcool.

Produits de queue. — Si le mélange reste incolore ou se colore à peine, au bout de quelques minutes, c'est l'indice certain qu'il ne contient pas de produits réducteurs. Pour y chercher les produits de queue, il suffit de le faire bouillir quelques instants, puis de l'abandonner à lui-même pendant deux ou trois minutes. Avec l'alcool éthylique pur, il se produit une coloration faible jaune d'ocre,

avec l'alcool qui renferme des produits de queue, on obtient une coloration franchement brune à fluorescence verte, et d'autant plus foncée que ces produits y sont plus abondants.

On peut, par cette méthode, déceler $\frac{1}{100.000}$ d'huiles, elle est d'ailleurs simple et expéditive.

Le seul reproche qu'on puisse lui adresser, c'est que, si l'alcool contient des produits de tête et de queue, la coloration se produit de suite et il devient difficile par l'ébullition de distinguer les produits de queue. Cependant on peut y arriver en transformant d'abord les produits de tête par l'amalgame de sodium, puis rechercher les produits de queue.

On peut encore tourner la difficulté en fractionnant les produits de la distillation de cet alcool et en opérant sur les deux produits obtenus à des températures différentes.

Ce procédé n'a cependant pas été adopté par la commission d'enquête parlementaire dans le rapport de M. le docteur Brouardel.

Procédé Guyon et Dupetite de Bordeaux

Les auteurs de ce procédé ont utilisé la coloration rose violacée que donnent les aldéhydes et les acétones dans une solution de fuchsine décolorée par l'acide sulfureux.

Pour préparer le réactif, on mélange successivement :

Solution aqueuse de fuchsine au $\frac{1}{100}$	1.000 c. c.
Bisulfite de soude à 30° Beaumé . .	20 c. c.
Acide chlorhydrique pur et concentré .	10 c. c.

On verse d'abord le bisulfite de soude dans la solution de fuchsine; puis au bout d'une heure, quand la décoloration est à peu près complète, on ajoute l'acide chlorhy-

drique. On conserve le réactif dans des flacons bien bouchés.

Pour faire l'essai, on ramène l'alcool à 50° par l'eau distillée, puis on mélange dans un tube 2 centimètres cubes de cet alcool dilué et 1 centimètre cube de réactif. On agite et on laisse reposer. Si l'alcool est exempt d'aldéhydes, le liquide reste incolore. Si au contraire il en renferme, le liquide se colore en rose violacé, d'autant plus intense qu'il y a plus de produits réducteurs. On opère à froid.

On peut constater $\frac{1}{500.000}$ d'aldéhyde ordinaire, soit 1 centimètre cube dans 500 litres d'alcool.

Pour opérer le dosage quantitatif, il suffit d'avoir des tubes témoins avec des doses connues d'aldéhydes.

Le côté faible de ce procédé, c'est qu'il n'est pas question du dosage des produits de queue. Il y a donc lieu de le perfectionner.

De tout ce qui précède, nous pouvons donc conclure ceci, c'est que, pour déterminer les produits de tête, on peut employer les procédés suivants :

La diazosulfanilate de potasse qui donne avec les aldéhydes une coloration rouge intense.

La solution aqueuse de rouge d'aniline décolorée par le bisulfite de soude et l'acide chlorhydrique qui se colore en rouge par les aldéhydes.

Pour les produits de queue, les procédés à l'acide sulfurique, l'acétate d'aniline, etc., etc., tous procédés que nous avons décrits, mais rien de bien positif ; aussi la commission extra-parlementaire a cru devoir adopter le procédé Rose, procédé imparfait et sujet à grandes critiques. Nous terminons en donnant le procédé de M. Bang qui nous a paru le plus parfait, quoiqu'il n'ait pas été bien reçu par la commission qui l'a trouvé trop compliqué ; à

notre point de vue, c'est le plus sûr et le plus positif connu jusqu'à ce jour.

Procédé Yvor Bang

M. Bang a basé son procédé sur les principes fondamentaux suivants :

1° Les alcools de queue (amylique, isobutylique, etc.), sont entièrement solubles dans les hydrocarbures lourds ou légers (huile ou essence de pétrole), tandis que l'alcool ordinaire y est tout à fait insoluble, lorsqu'il est suffisamment étendu d'eau (flegme à 28 ou 30 °/₀ d'alcool par exemple).

2° L'aldéhyde et les autres produits de tête sont insolubles dans les hydrocarbures, mais les composés que les produits de tête forment, lorsqu'on les met en présence, des alcalis (polymérisation des chimistes), se dissolvant intégralement dans les hydrocarbures.

Ces combinaisons des aldéhydes avec les alcalis sont assez solubles dans l'alcool qu'elles colorent d'une manière plus ou moins intense, suivant leur quantité. Des traces de ces corps polymères sont décélés par la coloration qu'elles communiquent à l'alcool.

Partant de ces principes, il a composé son mode d'opérer comme suit :

RECHERCHE DES PRODUITS DE TÊTE

Dans 50 ou 60 centimètres cubes d'alcool à essayer, on verse une solution caustique de potasse ou de soude (150 grammes par litre). On mélange les deux liquides et on porte la température de ce mélange vers 60° au bain-marie. Si l'alcool renferme des produits de tête, la liqueur prend, dans l'espace de quelques minutes, une teinte qui

varie du jaune paille au noir, suivant les quantités des aldéhydes.

A froid, la réaction s'opère également, mais elle exige un contact de vingt-quatre heures avec l'alcali pour être complète. Des traces de produits de tête, ne colorant pas le mélange d'alcool et d'alcali dans les premières minutes, apparaissent toujours au bout d'un temps variable, un quart d'heure, une demi-heure de séjour du tube dans le bain-marie ou après quelques heures à froid.

Les alcools exempts de produits de tête demeurent absolument incolores, quelle que soit la durée de leur contact avec la soude ou la potasse dans le bain-marie ou à la température ordinaire.

Il est préférable de faire l'essai à froid, parce que, au bout de vingt-quatre heures de contact avec la potasse, les moindres traces d'aldéhydes donnent une teinte jaune, appréciable à l'œil. Quand les alcools à essayer contiennent beaucoup d'aldéhyde, il se forme un précipité par l'addition du réactif alcalin.

RECHERCHE DES ALCOOLS DE QUEUE

On prend 100 centimètres cubes d'alcool à essayer, on y verse, en l'agitant, de l'hydrocarbure léger, jusqu'à ce que celui-ci cesse de s'y dissoudre instantanément. L'alcool a dissous alors 1/5 environ de son volume d'hydrocarbure. On étend le mélange de cinq à six fois son volume d'eau ordinaire (l'eau alcoolisée ne dissout pas trace d'hydrocarbure) ; l'hydrocarbure se sépare et surnage. On le sépare de l'eau alcoolisée en le décantant dans un entonnoir à robinet; on soutire l'eau alcoolisée et l'on introduit ensuite l'hydrocarbure dans un flacon bouché à l'émeri, puis on y ajoute quelques centimètres cubes d'acide sulfurique pur à 66° ; on agite et on laisse reposer.

Il se forme alors deux couches nettement séparées : l'hydrocarbure incolore surnage l'acide sulfurique.

D'après M. Bang, si l'acide sulfurique se colore en jaune, on a affaire à de l'alcool isobutylique ; si la coloration est brune, ce sont les corps amyliques qui dominent. L'élévation de la température hâte la réaction. Tout alcool qui résiste à cette double recherche est de l'alcool éthylique pur et devrait seul être livré à la consommation.

Il faut, dans ce procédé, employer des produits d'une grande pureté et les vérifier. L'hydrocarbure se prépare de la manière suivante. On prend du pétrole rectifié qu'on agite avec de l'acide sulfurique fumant, et on répète cette opération jusqu'à ce que l'acide sulfurique ne se colore plus. L'acide sulfurique doit avoir 66°, être absolument blanc.

Il est bon, avant d'opérer, d'essayer chaque fois l'hydrocarbure avec l'acide sulfurique pour voir s'il ne se produit pas de coloration.

Comme on le voit, ce procédé est d'une grande simplicité et n'exige d'autre précaution que l'emploi de réactifs purs. Il est rapide et à la portée de tous.

Nous ne nous expliquons pas pourquoi la commission d'enquête l'a écarté. Au point de vue de la dosimétrie, il est susceptible d'être modifié pour devenir pratique.

Nous terminons là l'exposé des procédés de recherche des produits toxiques contenus dans les alcools, car nous pensons que les chercheurs ont les éléments suffisants pour faire leurs opérations et les mener à bonne fin.

DISTILLERIE AGRICOLE

Sans vouloir empiéter sur les attributions des ingénieurs, nous croyons utile de donner ici le plan et la des-

cription d'une distillerie agricole, telle que la comprend et l'exécute M. Désiré Savalle. Le succès de ces usines, qui n'ont pas la prétention de rivaliser avec notre grande industrie, a rendu de grands services à l'agriculture, qui cherche tous les moyens possibles pour augmenter ses revenus, déjà si modestes, par suite des charges énormes qu'elle supporte, et de la concurrence étrangère. Le but de la distillerie agricole est de favoriser l'élevage du bétail de boucherie et d'en abaisser le prix en tirant le meilleur parti possible des produits de la terre. La culture de la betterave est incontestablement un des facteurs le plus puissant qui amène à ce but, mais encore faut-il en tirer tout le profit possible. La consommation directe de cette racine par le bétail est certainement lucrative, elle peut non seulement être employée à cela, mais on peut encore en tirer d'autres profits qui viennent augmenter le bénéfice du cultivateur. C'est ce qui poussa le grand agronome, Mathieu de Dombasle, à créer la distillerie agricole, et à faire tous ses efforts pour en vulgariser l'application dans les grandes cultures. Le matériel, nécessaire pour la création de ces petites usines, n'est pas coûteux et permet d'utiliser certains produits d'une manière plus avantageuse pour le cultivateur. Ce travail lui donne de l'occupation dans la morte saison et lui évite le chômage, en utilisant son personnel et ses animaux pendant les longs mois d'hiver.

Nous ne croyons mieux faire que d'emprunter à M. Désiré Savalle les plans et la description d'une usine de ce genre. Son importance ne peut varier que dans une certaine limite pour donner un bénéfice réel ; il faut que son travail journalier ne soit pas inférieur à 25,000 kilogrammes de betteraves par jour, ni supérieur à 40,000, car alors on tombe dans la grande usine. Son fonctionnement doit se faire à la vapeur, car c'est le seul moyen d'obtenir

le maximum de rendement; de plus, elle a tout intérêt à ne livrer que des alcools rectifiés, car sans cela elle perd le plus clair de ses bénéfices. La vente des flegmes donne lieu à trop de pertes, pour qu'on n'ait pas un intérêt majeur à procéder soi-même à la rectification, opération qui, en somme, n'exige pas un grand matériel.

Comme nous ne nous occupons que des petites usines, traitant 15 à 25,000 kilogrammes de racine par vingt-quatre heures, nous adopterons, comme principe, que le système par macération est plus favorable, les pulpes devant être consommées sur place.

Légendes de l'ensemble d'une installation (fig. 25 et 26)

A. Générateur à vapeur;

B. Machine à vapeur pour l'atelier d'extraction;

C. Laveur situé dans le magasin à betteraves;

D. Élévateur montant au coupe-racines les betteraves lavées;

E. Coupe-racines;

F. Distributeur des cossettes;

G. Cuve de macération;

H. Cuviers de fermentation;

I. Pompes à jus fermentés, à eau froide, et d'alimentation pour le générateur; actionnées par un petit moteur spécial indépendant de l'atelier d'extraction des jus;

J. Réservoire à jus fermenté;

K. Colonne distillatoire;

L. Réservoir à flegmes;

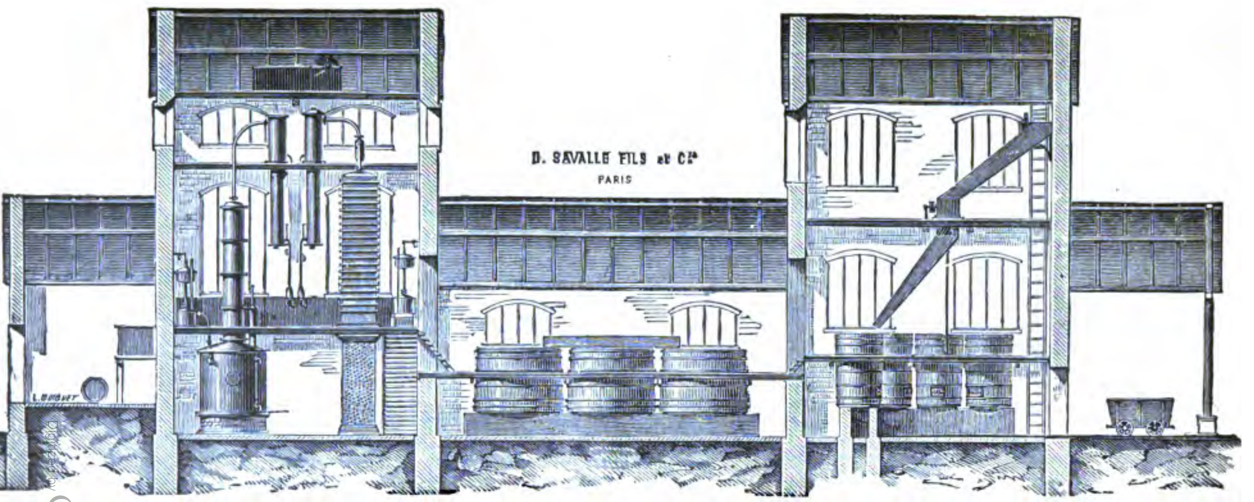
M. Réservoir à eau froide alimentant le rectificateur;

N. Appareil de rectification;

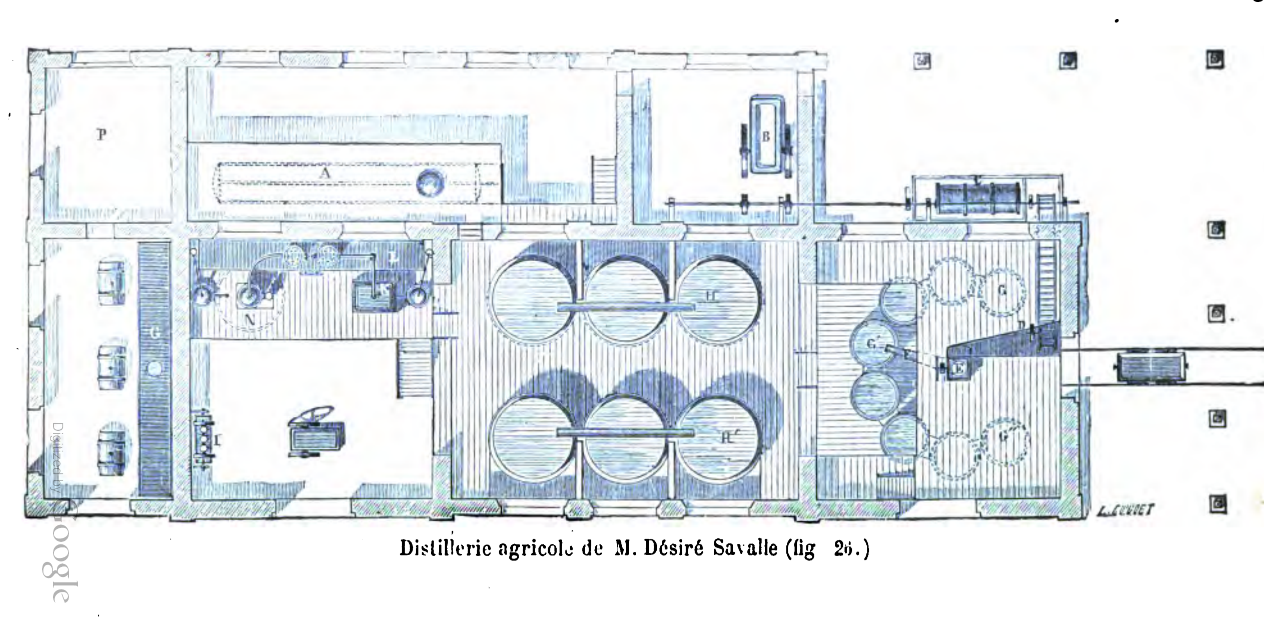
O. Réservoir aux alcools bon goût;

P. Bureau.

Les betteraves lavées en C sont conduites par l'élévateur D au coupe-racines E et réduites en cossettes, de là



Distillerie agricole de M. Désiré Savalle (fig. 25.)



Distillerie agricole de M. Désiré Savalle (fig 26.)

elles tombent dans le distributeur F qui les envoie dans les cuves G G′ G″ où se fait la macération au moyen de l'acide, en suivant les indications que nous avons données sur le travail par macération, nous n'y reviendrons donc pas.

Quand le travail de la macération est terminé, le jus riche est envoyé dans les cuves à fermentation H au moyen des pompes I, où le travail se fait comme il a été exposé. La fermentation terminée, le liquide chargé d'alcool est amené dans le réservoir J, et de là à la colonne de distillation K. Les flegmes obtenus sont eux-mêmes conduits dans le réservoir L pour passer dans le rectificateur N où le travail se fait. O, est le réservoir où s'emmagasinent les alcools bon goût amenés à 96 ou 97 degrés.

Tout ce travail se fait, suivant les indications que nous avons données dans le cours de cet ouvrage, et cela le plus simplement possible, de manière à diminuer les frais de fabrication.

Le prix de l'installation d'une petite usine de ce genre est assez modeste et n'exige pas un bien grand bâtiment.

Voici le devis :

Une usine pouvant traiter 15,000 kilogrammes de betteraves par vingt-quatre heures, machines et installation comprises, sauf les bâtiments, coûte environ . 27.500 fr.

Pour 20,000 kilogrammes . . . . 31.500 fr.

Pour 35,000 — . . . . 42.500 fr.

Certes, c'est un capital à employer ; mais, dans des conditions normales, le cultivateur y trouve un intérêt.

La principale question qu'il doive prendre en considération, c'est le prix de revient de la tonne de charbon, car la vente de ses produits est assurée, le marché est

assez abondant pour les lui enlever au fur et à mesure qu'il peut les livrer.

Nous abandonnons ce qui précède aux sages réflexions de nos grands agriculteurs, à eux à en prendre ce qu'ils jugeront bon.

LE MOUILLAGE ET LE REMONTAGE DES ALCOOLS ET EAUX-DE-VIE

Il arrive dans la pratique qu'on a soit à diminuer le degré d'un alcool, soit à en élever le titre. Ces deux opérations, fort simples, se font au moyen de tables.

Comme il peut souvent se présenter des cas où on en n'a pas sous la main, il est bon de connaître les calculs par lesquels on peut arriver au même résultat.

Mais avant d'exposer ces modes d'opération, il est utile d'indiquer quelques précautions à prendre. Le mouillage des esprits ne doit pas se pratiquer indifféremment avec n'importe quelle eau, il faut, au contraire, apporter le plus grand soin dans son choix.

On sait que, lorsqu'on verse de l'alcool dans une eau chargée de sels calcaires, il se produit un trouble immédiat qui provient de la précipitation des sels calcaires, solubles dans l'eau, mais peu solubles dans l'eau alcoolisée ; il faut, avant de procéder au mouillage des esprits, s'assurer de la pureté de l'eau à employer. L'eau la plus propice à ce genre d'opération est l'eau distillée, mais on n'a pas toujours sous la main une quantité d'eau de cette nature disponible. Dans ce cas, on peut avoir recours à un procédé simple qui l'amène à un degré de pureté suffisant, il suffit de la porter à l'ébullition pendant quelques minutes. Les sels calcaires, qui s'y trouvaient à l'état de bicarbonate soluble, sont ramenés à l'état de carbonates

non solubles, et en la laissant reposer et refroidir, les sels calcaires se déposent. Une eau ainsi traitée ne donne qu'un trouble insignifiant dans un alcool mouillé, et il suffit de quelques jours de repos pour que les carbonates précipités se déposent au fond du vase.

On peut encore employer les eaux de pluie recueillies dans une citerne bien propre, elles sont parfaites pour cet usage.

Dans les pays où les eaux ne sont pas calcaires, on peut les employer toutes indifféremment.

Pour s'assurer du degré de pureté de l'eau, on emploie une solution concentrée d'oxalate d'ammoniaque. Il suffit d'en verser un ou deux centimètres cubes dans un verre d'eau pour amener de suite la formation d'un abondant précipité d'oxalate de chaux, indice certain qu'on est en présence d'une eau calcaire, plus ou moins chargée, selon l'abondance du précipité obtenu.

Ces précautions prises, étudions l'emploi du tableau de mouillage suivant :

Il se compose de trois colonnes distinctes.

La première indique le degré du spiritueux à réduire.

La deuxième, les degrés auxquels on veut amener le liquide de la première colonne.

La troisième, le nombre de litres d'eau qu'il faut ajouter à un hectolitre d'esprit, indiqué dans la première colonne, pour l'amener au degré indiqué dans la seconde.

Exemple : On veut réduire 100 litres d'esprit à 92° à 50°. On cherche le nombre 92 dans la première colonne et on descend jusqu'à ce qu'on rencontre le nombre 50 dans la deuxième colonne, et en face dans la troisième colonne on trouve le chiffre 87 lit. 2. Il faut donc, pour faire du 50° avec du 92°, 100 litres de 92° et 87 lit. 2 d'eau. Il est bien entendu que, dans cette opération du mouillage, l'eau et l'esprit devront être à la même

température. Le volume ne sera également pas correspondant à la somme des deux liquides. Ainsi, au lieu d'avoir un volume de $100 + 87.2 = 187.2$, on a environ 184 litres. La contraction produite par le mélange d'eau et d'alcool étant d'environ 4 °/₀ à ce degré. Mais dans la pratique on n'en tient pas compte.

Maintenant si on veut opérer sur une quantité différente de 1 hectolitre, on opère comme suit. J'ai 750 litres d'alcool à 90°, je veux en faire du 50°. Je commence par chercher la quantité d'eau nécessaire pour convertir 100 litres de 90° à 50 et je trouve 84 lit. 8.

Je multiplie 750 litres par 84.8 et j'obtiens 63,600 qui, divisés par 100, me donnent 636 litres d'eau

$$\frac{750 \times 84.8}{100} = 636.$$

Comme on le voit, l'usage de cette table est d'une simplicité extrême.

Il peut se présenter d'autres cas que voici :

Vous avez du 90°, on vous demande de faire 250 litres de 50° avec cet esprit. Quelles quantités d'esprit et d'eau faut-il prendre ?

Pour la quantité d'esprit on la trouve en multipliant le volume donné par la plus petite force, et en diminuant le produit par la plus grande.

Exemple : $\frac{250 \times 50}{90} = 138$ litres.

Pour l'eau, je cherche dans la table combien il faut d'eau pour réduire 100 litres de 90° à 50° et je trouve 84 lit. 8, que je multiplie par 138 et que je divise ensuite par 100, ce qui me donne 117 litres d'eau. Donc, pour faire 250 litres de 50° avec du 90°, il vous faut 138 litres de 90° et 117 litres d'eau, ce qui donne 255 litres de mélange ; mais, par suite de la contraction, vous n'avez effectivement que 250 litres de 50°.

Enfin on peut avoir encore un autre genre d'opération, on a un alcool d'un degré déterminé qu'on veut abaisser de degré au moyen d'un alcool plus faible. Voici comment on procède :

J'ai 700 litres de 90° que je veux amener à 50° avec du 40°. Je veux savoir la somme à employer de ce dernier esprit. Je multiplie 700 par 40, différence entre 90 et 50, ce qui me donne 28,000 et je divise ce produit par 10 différences en 50 et 40, et je trouve 2,800 litres. Donc, pour amener 700 litres de 90° à 50° avec du 40°, il me faut 2,800 litres d'esprit à 40°.

$$\text{Soit } \frac{700 \times (90 - 50)}{50 - 40} = 2.800.$$

Ces quelques formules répondent aux principaux besoins du mouillage.

Il peut se présenterle cas inverse, c'est-à-dire le remontage d'un alcool faible par un alcool plus élevé de degré. Voici comment on opère :

On prend la différence entre le degré à obtenir et le degré de l'alcool qu'on veut remonter, on multiplie la somme d'alcool à remonter par cette différence et on divise le produit par la différence de degré entre l'alcool destiné à remonter le plus faible et le titre qu'on veut obtenir, le produit donne la quantité à employer.

Exemple, j'ai 2,800 litres d'alcool à 40°, je veux les remonter à 50° avec du 90, que faut-il employer de 90° ?

50° à obtenir moins 40° existant égalent 10°; je multiplie 2,800 par 10 et j'ai 28,000, que je divise par 90° de l'alcool à employer moins 50° de l'alcool à obtenir égalent 40°.

$$\text{J'ai donc } \frac{2.800 \times 10}{40} = 700 \text{ litres de } 90^\circ.$$

$$\text{Ou } \frac{2.800 \times (50 - 40)}{(90 - 50)} = \frac{2.800 \times 10}{40} = 700 \text{ litres.}$$

Comme nous l'avons exposé plus haut, il peut se présenter des cas où l'on n'aurait pas sous la main les tables de réduction que nous donnons plus loin, il faut cependant pouvoir faire son travail, en appliquer alors les formules suivantes qui arrivent à peu de chose près au même résultat.

On commence par faire la différence entre le titre le plus élevé et celui auquel on veut ramener l'esprit, puis on multiplie la somme d'esprit à réduire par cette différence et le produit obtenu est divisé par le titre à obtenir, le résultat donne l'eau à ajouter.

Exemple: 100 litres de 92° doivent être ramenés à 50, combien d'eau à ajouter ?

$$92^\circ - 50 = 42 \times 100 = \frac{4.200}{50} = 84 \text{ litres.}$$

Pour faire l'opération, on prend donc 100 litres de 92° et 84 litres d'eau et on a 184 litres d'esprit à 50°. Si on veut abaisser un alcool d'un titre élevé, au moyen d'un autre, d'un titre inférieur, on opère comme il a été dit plus haut.

Les calculs de mouillage et de remontage ne présentent donc pas de grandes difficultés; cependant, comme l'opération du mouillage est fréquente, nous préférons donner la table qui évite tout calcul.

DEGRÉ à réduire	DEGRÉ à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter	DEGRÉ à réduire	DEGRÉ à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter	DEGRÉ à réduire	DEGRÉ à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter
98	38	166	98	75	34.4	97	52	92.8
»	39	159.3	»	76	32.5	»	53	89.2
»	40	153 »	»	77	30.7	»	54	85.7
»	41	146.9	»	78	28.9	»	55	82.3
»	42	141.1	»	79	27.2	»	56	79 »
»	43	135.6	»	80	25.5	»	57	75.9
»	44	130.3	»	81	23.9	»	58	72 8
»	45	125.2	»	82	22.3	»	59	69.8
»	46	120.4	»	83	20.7	»	60	67 »
»	47	115.7	»	84	19.2	»	61	64.2
»	48	111.3	»	85	17.7	»	62	61.5
»	49	107.9	»	86	16.2	»	63	58.9
»	50	102.9	»	87	14.7	»	64	56.4
»	51	98.9	»	88	13.2	»	65	53.9
»	52	95.1	»	89	12 »	»	66	51.5
»	53	91.4	»	90	10.5	»	67	49.2
»	54	87.8	»	91	9.1	»	68	46.9
»	55	84.4	»	92	7.8	»	69	44.8
»	56	81.1	»	93	6.5	»	70	42.6
»	57	77.9	»	94	5.2	»	71	40.5
»	58	74.8	»	95	3.9	»	72	38.5
»	59	71.8	»	96	2.6	»	73	36 5
»	60	68.9	»	97	1.3	»	74	34.6
»	61	66.1	97	38	163 »	»	75	32.8
»	62	63.4	»	39	156.4	»	76	30.9
»	63	60.8	»	40	150.1	»	77	29.1
»	64	58.2	»	41	144.1	»	78	27.4
»	65	55.7	»	42	138.4	»	79	25.5
»	66	53.3	»	43	132.9	»	80	24 »
»	67	51 »	»	44	127.7	»	81	22.4
»	68	48.7	»	45	122.7	»	82	20.8
»	69	46.5	»	46	117.9	»	83	19.2
»	70	44.3	»	47	113.3	»	84	17.7
»	71	42.2	»	48	108.9	»	85	16.2
»	72	40.2	»	49	104.6	»	86	14.7
»	73	38.2	»	50	100.6	»	87	13.3
»	74	36.3	»	51	96.6	»	88	11.9

DEGRÉ à réduire	DEGRÉ à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter	DEGRÉ à réduire	DEGRÉ à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter	DEGRÉ à réduire	DEGRÉ à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter
97	89	10.6	96	69	43 »	95	50	95.9
»	90	9.2	»	70	40.9	»	51	92.1
»	91	7.8	»	71	38.8	»	52	88.4
»	92	6.4	»	72	36.8	»	53	84.8
»	93	5.1	»	73	34.9	»	54	81.4
»	94	3.9	»	74	33 »	»	55	78.1
»	95	2.6	»	75	31.1	»	56	74.8
»	96	1.7	»	76	29.3	»	57	71.7
96	38	160.1	»	77	27.5	»	58	68.7
»	39	153.5	»	78	25.8	»	59	65.8
»	40	147.3	»	79	24.1	»	60	63.1
»	41	141.4	»	80	22.5	»	61	60.3
»	42	135.7	»	81	20.9	»	62	57.7
»	43	130.3	»	82	19.3	»	63	55.1
»	44	125.1	»	83	17.8	»	64	52.7
»	45	120.2	»	84	16.3	»	65	50.3
»	46	115.4	»	85	14.8	»	66	47.9
»	47	110.8	»	86	13.3	»	67	45.6
»	48	106.5	»	87	11.9	»	68	43.4
»	49	102.3	»	88	10.5	»	69	41.3
»	50	98.2	»	89	9.2	»	70	39.2
»	51	94.3	»	90	7.8	»	71	37.2
»	52	90.6	»	91	6.4	»	72	35.2
»	53	87 »	»	92	5.1	»	73	33.2
»	54	83.5	»	93	3.8	»	74	31.4
»	55	80.2	»	94	2.5	»	75	29.5
»	56	76.9	»	95	1.3	»	76	27.7
»	57	73.8	95	38	157.1	»	77	26 »
»	58	70.8	»	39	150.6	»	78	24.3
»	59	67.8	»	40	144.5	»	79	22.6
»	60	65 »	»	41	138.6	»	80	21 »
»	61	62.3	»	42	133 »	»	81	19.4
»	62	59.6	»	43	127.6	»	82	17.8
»	63	57 »	»	44	122.5	»	83	16.3
»	64	54.5	»	45	117.6	»	84	14.8
»	65	52.1	»	46	112.9	»	85	13.3
»	66	49.7	»	47	108.4	»	86	11.9
»	67	47.4	»	48	104.1	»	87	10.5
»	68	45.2	»	49	99.9	»	88	9.1

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
95	89	7.8	94	71	33.9	93	54	74.6
»	90	6.4	»	72	32.1	»	55	71.5
»	91	5.1	»	73	30.2	»	56	68.4
»	92	3.8	»	74	28.4	»	57	65.5
»	93	2.5	»	75	26.7	»	58	62.7
»	94	1.2	»	76	25 »	»	59	59.9
94	38	147.6	»	77	23.3	»	60	57.3
»	39	141.5	»	78	21.7	»	61	54.7
»	40	135.6	»	79	20.1	»	62	52.2
»	41	130 »	»	80	18.6	»	63	49.8
»	42	124.7	»	81	17.1	»	64	47.4
»	43	119.6	»	82	15.6	»	65	45.1
»	44	114.8	»	83	14.2	»	66	42.9
»	45	110.1	»	84	12.7	»	67	40.8
»	46	105.7	»	85	11.4	»	68	38.7
»	47	101.4	»	86	10 »	»	69	36.7
»	48	97.3	»	87	8.7	»	70	34.7
»	49	93.4	»	88	7.4	»	71	32.7
»	50	89.6	»	89	6.1	»	72	30.9
»	51	86 »	»	90	4.8	»	73	29 »
»	52	82.5	»	91	3.6	»	74	27.2
»	53	79 »	»	92	2.4	»	75	25.5
»	54	75.8	»	93	1.2	»	76	23.8
»	55	72.7	93	38	146.4	»	77	22.1
»	56	69.6	»	39	140.3	»	78	20.5
»	57	66.7	»	40	134.4	»	79	18.9
»	58	63.9	»	41	128.8	»	80	17.4
»	59	61.1	»	42	123.5	»	81	15.9
»	60	58.5	»	43	118.4	»	82	14.4
»	61	55.9	»	44	113.6	»	83	13 »
»	62	53.4	»	45	108.9	»	84	11.5
»	63	51 »	»	46	104.5	»	85	10.2
»	64	48.6	»	47	100.2	»	86	8.8
»	65	46.3	»	48	96.1	»	87	7.5
»	66	44.1	»	49	92.2	»	88	6.2
»	67	42 »	»	50	88.4	»	89	4.9
»	68	39.9	»	51	84.8	»	90	3.6
»	69	37.9	»	52	81.3	»	91	2.4
»	70	35.9	»	53	77.9	»	92	1.2

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
92	38	145.2	92	77	20.9	91	62	49.8
»	39	139.1	»	78	19.3	»	63	47.4
»	40	133.2	»	79	17.7	»	64	45 »
»	41	127.6	»	80	16.2	»	65	42.7
»	42	122.3	»	81	14.7	»	66	40.5
»	43	117.2	»	82	13.2	»	67	38.4
»	44	112.4	»	83	11.8	»	68	36.3
»	45	107.7	»	84	10.3	»	69	34.3
»	46	103.3	»	85	9 »	»	70	32.3
»	47	99 »	»	86	7.6	»	71	30.3
»	48	94.9	»	87	6.3	»	72	28.5
»	49	91 »	»	88	5 »	»	73	26 6
»	50	87.2	»	89	3.7	»	74	24.8
»	51	83.6	»	90	2.4	»	75	23.1
»	52	80.1	»	91	1.2	»	76	21.4
»	53	76.7	91	38	144 »	»	77	19.7
»	54	73.4	»	39	137.9	»	78	18.1
»	55	70.3	»	40	132 »	»	79	16.5
»	56	67.2	»	41	126.4	»	80	15 »
»	57	64.3	»	42	121.1	»	81	13.5
»	58	61.5	»	43	116 »	»	82	12 »
»	59	58.7	»	44	111.2	»	83	10.»
»	60	56.1	»	45	106.5	»	84	9.1
»	61	53.5	»	46	102.1	»	85	7.8
»	62	51 »	»	47	97.8	»	86	6.4
»	63	48.6	»	48	93.7	»	87	5.1
»	64	46.2	»	49	89.8	»	88	3.8
»	65	43.9	»	50	86 »	»	89	2.5
»	66	41.7	»	51	82.4	»	90	1.3
»	67	39.6	»	52	78.9	90	38	142.8
»	68	37.5	»	53	75.5	»	39	136.7
»	69	35.5	»	54	72.2	»	40	130.8
»	70	33.5	»	55	69.1	»	41	125.2
»	71	31.5	»	56	66 »	»	42	119.9
»	72	29.7	»	57	63.1	»	43	114.8
»	73	27.8	»	58	60.3	»	44	110 »
»	74	26 »	»	59	57.5	»	45	105.3
»	75	24.3	»	60	54 »	»	46	100.9
»	76	22.6	»	61	52.3	»	47	96.6

DEGRE réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
90	48	92.5	90	87	3.9	89	74	22 1
»	49	88.6	»	88	2.6	»	75	20.4
»	50	84.8	»	89	1.3	»	76	18.7
»	51	81.2	89	38	140 »	»	77	17.1
»	52	77.7	»	39	133.9	»	78	15.5
»	53	74.3	»	40	128.1	»	79	13.9
»	54	71 »	»	41	122.6	»	80	12.4
»	55	67.9	»	42	117.3	»	81	10.9
»	56	64.8	»	43	112.3	»	82	9.4
»	57	61.9	»	44	107.5	»	83	8 »
»	58	59.1	»	45	102.9	»	84	6.6
»	59	56.3	»	46	98.5	»	85	5.2
»	60	53.7	»	47	94.3	»	86	3.9
»	61	51.1	»	48	90.2	»	87	2.6
»	62	48.6	»	49	86.3	»	88	1.3
»	63	46.2	»	50	82.6	88	38	137.1
»	64	43.8	»	51	79 »	»	39	131.1
»	65	41.5	»	52	75.5	»	40	125.4
»	66	39.3	»	53	72 2	»	41	120 »
»	67	37.2	»	54	69 »	»	42	114.7
»	68	35.1	»	55	65.9	»	43	109.8
»	69	33.1	»	56	62.9	»	44	105 »
»	70	31.1	»	57	60 »	»	45	100.5
»	71	29.1	»	58	57.2	»	46	96.1
»	72	27.3	»	59	54.4	»	47	92 »
»	73	25.4	»	60	51.8	»	48	88 »
»	74	23.6	»	61	49.3	»	49	84.1
»	75	21.9	»	62	46.8	»	50	80.4
»	76	20.2	»	63	44.4	»	51	76.9
»	77	18.5	»	64	42.1	»	52	73.4
»	78	16.9	»	65	39.8	»	53	70.1
»	79	15.3	»	66	37.6	»	54	66.9
»	80	13.8	»	67	35.5	»	55	63.9
»	81	12.3	»	68	33.4	»	56	60.9
»	82	10.8	»	69	31.4	»	57	58 »
»	83	9.4	»	70	29.5	»	58	55.3
»	84	7.9	»	71	27.5	»	59	52.6
»	85	6.6	»	72	25.7	»	60	50 »
»	86	5.2	»	73	23.9	»	61	47.4

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
88	62	45 »	87	51	74.7	86	41	114.7
»	63	42.6	»	52	71.3	»	42	109.6
»	64	40.3	»	53	68.1	»	43	104.8
»	65	38.1	»	54	64.9	»	44	100.1
»	66	35.9	»	55	61.9	»	45	95.7
»	67	33.8	»	56	58.9	»	46	91.4
»	68	31.8	»	57	56.1	»	47	87.4
»	69	29.8	»	58	53.4	»	48	83.4
»	70	27.9	»	59	50.7	»	49	79.7
»	71	26 »	»	60	48.1	»	50	76.1
»	72	24.1	»	61	45.6	»	51	72.6
»	73	22.3	»	62	43.2	»	52	69.2
»	74	20.6	»	63	40.9	»	53	66 »
»	75	18.9	»	64	38.6	»	54	62.9
»	76	17.2	»	65	36.4	»	55	59.9
»	77	15.6	»	66	34.3	»	56	57.2
»	78	14 »	»	67	32.2	»	57	54.2
»	79	12.5	»	68	30.2	»	58	51.5
»	80	11 »	»	69	28.2	»	59	48.8
»	81	9.5	»	70	26.3	»	60	46.3
»	82	8.1	»	71	24.4	»	61	43.8
»	83	6.6	»	72	22.6	»	62	41.5
»	84	5.3	»	73	20.8	»	63	39.1
»	85	3.9	»	74	19.1	»	64	36.9
»	86	2.6	»	75	17.4	»	65	34.7
»	87	1.3	»	76	15.8	»	66	32.6
87	38	134.3	»	77	14.2	»	67	30.5
»	39	128.4	»	78	12.6	»	68	28.5
»	40	122.7	»	79	11.1	»	69	26.6
»	41	117.3	»	80	9.6	»	70	24.7
»	42	112.2	»	81	8.1	»	71	22.9
»	43	107.3	»	82	6.7	»	72	21.1
»	44	102.6	»	83	5.3	»	73	19.3
»	45	98.1	»	84	3.9	»	74	17.6
»	46	93.8	»	85	2.6	»	75	15.9
»	47	89.7	»	86	1.3	»	76	14.3
»	48	85.7	86	38	131.5	»	77	12.7
»	49	81.9	»	39	125.6	»	78	11.2
»	50	78.2	»	40	120 »	»	79	9.7

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
86	80	8.2	85	71	21.3	84	63	35.7
»	81	6.8	»	72	19.5	»	64	33.5
»	82	5.4	»	73	17.8	»	65	31.3
»	83	4 »	»	74	16.1	»	66	29.3
»	84	2.6	»	75	14.5	»	67	27.3
»	85	1.3	»	76	12.9	»	68	25.3
85	38	128.7	»	77	11.3	»	69	23.4
»	39	122.9	»	78	9.8	»	70	21.6
»	40	117.3	»	79	8.3	»	71	19.8
»	41	112.1	»	80	6.8	»	72	18 »
»	42	107.1	»	81	5.4	»	73	16.3
»	43	102.3	»	82	4 »	»	74	14.6
»	44	97.7	»	83	2.3	»	75	13 »
»	45	93.3	»	84	1.3	»	76	11.4
»	46	89.1	84	38	125.9	»	77	9.9
»	47	85.1	»	39	120.1	»	78	8.4
»	48	81.2	»	40	114.7	»	79	6.9
»	49	77.5	»	41	109.5	»	80	5.5
»	50	73.9	»	42	104.5	»	81	4 »
»	51	70.5	»	43	99.8	»	82	2.7
»	52	67.1	»	44	95.5	»	83	1.3
»	53	64 »	»	45	90.9	83	38	123.1
»	54	60.9	»	46	86.7	»	39	117.4
»	55	57.9	»	47	82.8	»	40	112 »
»	56	55 »	»	48	78.9	»	41	106.9
»	57	52.3	»	49	75.3	»	42	102 »
»	58	49.6	»	50	71.7	»	43	97.3
»	59	47 »	»	51	68.3	»	44	92.8
»	60	44.5	»	52	65.1	»	45	88.5
»	61	42.1	»	53	61.9	»	46	84.4
»	62	39.7	»	54	58.9	»	47	80.5
»	63	37.4	»	55	55.9	»	48	76.7
»	64	35.2	»	56	53.1	»	48	73.1
»	65	33 »	»	57	50.4	»	50	69.6
»	66	30.9	»	58	47.7	»	51	63.2
»	67	28.9	»	59	45.1	»	52	63 »
»	68	26.9	»	60	42.7	»	53	59.9
»	69	25 »	»	61	40.3	»	54	56.9
»	70	23.1	»	62	37.9	»	55	54 »

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
83	56	51.2	82	50	67.4	81	45	83.7
»	57	48.5	»	51	64.1	»	46	79.7
»	58	45.8	»	52	60.9	»	47	75.9
»	59	43.3	»	53	57.8	»	48	72.2
»	60	40.9	»	54	54.9	»	49	68.7
»	61	38.5	»	55	52 »	»	50	65.3
»	62	36.2	»	56	49.2	»	51	62 »
»	63	33.9	»	57	46.5	»	52	58.8
»	64	31.8	»	58	44 »	»	53	55.8
»	65	29.7	»	59	41.5	»	54	52.9
»	66	27.6	»	60	39 »	»	55	50 »
»	67	25.6	»	61	36.7	»	56	47.3
»	68	23.7	»	62	34.4	»	57	44.7
»	69	21.8	»	63	32.2	»	58	42.1
»	70	20 »	»	64	30.1	»	59	39.6
»	71	18.2	»	65	28 »	»	60	37.2
»	72	16.5	»	66	26 »	»	61	34.9
»	73	14.8	»	67	24 »	»	62	32.7
»	74	13.1	»	68	22.1	»	63	30.5
»	75	11.6	»	69	20.3	»	64	28.4
»	76	10 »	»	70	18.4	»	65	26.3
»	77	8.5	»	71	16.7	»	66	24.3
»	78	7 »	»	72	15 »	»	67	22.4
»	79	5.5	»	73	13.3	»	68	20.5
»	80	4.1	»	73	11.7	»	69	18.7
»	81	2.7	»	75	10.1	»	70	16.9
»	82	1.3	»	76	8.5	»	71	15.2
82	38	120.3	»	77	7 »	»	72	13.5
»	39	114.7	»	78	5.6	»	73	11.8
»	40	109.3	»	79	4.1	»	74	10.2
»	41	104.3	»	80	2.7	»	75	8.6
»	42	99.4	»	81	1.3	»	76	7.1
»	43	94.8	81	38	117.5	»	74	5.6
»	44	90.4	»	39	111.9	»	78	4.2
»	45	86.1	»	40	106.7	»	79	2.7
»	46	82.1	»	41	101.7	»	80	1.4
»	47	78.2	»	42	96.9	80	38	114.7
»	48	74.5	»	43	92.3	»	39	109.2
»	49	70.9	»	44	87.9	»	40	104 »

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITÉ d'eau à ajouter
80	41	99.1	79	38	111.9	79	77	2.8
»	42	94.3	»	39	106.5	»	78	1.4
»	43	89.8	»	40	101.4	78	38	109.1
»	44	85.5	»	41	96.5	»	39	103.8
»	45	81.3	»	42	91.8	»	40	98.7
»	46	77.4	»	43	87.3	»	41	93.9
»	47	73.6	»	44	83.1	»	42	89.3
»	48	70 »	»	45	79 »	»	43	84.9
»	49	66.5	»	46	75.1	»	44	80.7
»	50	63.1	»	47	71.3	»	45	76.6
»	51	59.9	»	48	67.8	»	46	72.8
»	52	56.8	»	49	64.3	»	47	69.1
»	53	53.8	»	50	61 »	»	48	65.5
»	54	50.9	»	51	57.8	»	49	62.1
»	55	48.1	»	52	54.7	»	50	58.8
»	56	45.4	»	53	51.7	»	51	55.7
»	57	42.8	»	54	48.9	»	52	52.7
»	58	40.2	»	55	46.1	»	53	49.7
»	59	37.8	»	56	43.4	»	54	46.9
»	60	35.4	»	57	40.9	»	55	44.2
»	61	33.1	»	58	38.4	»	56	41.5
»	62	30.9	»	59	36 »	»	57	39 »
»	63	28.8	»	60	33.6	»	58	36.5
»	64	26.7	»	61	31.4	»	59	34.1
»	65	24.7	»	62	29.2	»	60	31.8
»	66	22.7	»	63	27.1	»	61	29.6
»	67	20.8	»	64	25 »	»	62	27.4
»	68	18.9	»	65	23 »	»	63	25.3
»	69	17.1	»	66	21.1	»	64	23.3
»	70	15.3	»	67	19.2	»	65	21.3
»	71	13.6	»	68	17.3	»	66	19.4
»	72	12 »	»	69	15.5	»	67	17.6
»	73	10.3	»	70	13.8	»	68	15.7
»	74	8.7	»	71	12.1	»	69	14 »
»	75	7.2	»	72	10.5	»	70	12.3
»	76	5.7	»	73	8.8	»	71	10.6
»	77	4.2	»	74	7.3	»	72	9 »
»	78	2.8	»	75	5.7	»	73	7.4
»	79	1.4	»	76	4.3	»	74	5.8

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
78	75	4.3	77	74	4.4	76	74	2.9
»	76	2.8	»	75	2.9	»	75	1.4
»	77	1.4	»	76	1.4	75	38	100.8
77	38	106.3	76	38	103.5	»	39	95.6
»	39	101.1	»	39	98.3	»	40	90.8
»	40	96.1	»	40	93.4	»	41	86.1
»	41	91.3	»	41	88.7	»	42	81.7
»	42	86.7	»	42	84.2	»	43	77.5
»	43	82.4	»	43	79.9	»	44	73.4
»	44	78.2	»	44	75.8	»	45	69.5
»	45	74.3	»	45	71.2	»	46	65.8
»	46	70.5	»	46	68.1	»	47	62.3
»	47	66.8	»	47	64.5	»	48	58.9
»	48	63.3	»	48	61.1	»	49	55.6
»	49	59.9	»	49	57.8	»	50	52.4
»	50	56.9	»	50	54.6	»	51	49.4
»	51	53.6	»	51	51.5	»	52	46.5
»	52	50.6	»	52	48.5	»	53	43.7
»	53	47.7	»	53	45.7	»	54	40.9
»	54	44.9	»	54	42.9	»	55	38.3
»	55	42.2	»	55	40.3	»	56	35 8
»	56	39.6	»	56	37.7	»	57	33.3
»	57	37.1	»	57	35.2	»	58	31 »
»	58	34.7	»	58	32.8	»	59	28.7
»	59	32.3	»	59	30.5	»	60	26.5
»	60	30 »	»	60	28.3	»	61	24.3
»	61	27.8	»	61	26.1	»	62	22.2
»	62	25.7	»	62	24 »	»	63	20.2
»	63	23.6	»	63	21.9	»	64	18.3
»	64	21.6	»	64	19.9	»	65	16.4
»	65	19.7	»	65	18 »	»	66	14.5
»	66	17.8	»	66	16.2	»	67	12.7
»	67	15.9	»	67	14.3	»	68	11 »
»	68	14.2	»	68	12.6	»	69	9.3
»	69	12.4	»	69	10.9	»	70	7.6
»	70	10 7	»	70	9.2	»	71	6 »
»	71	9.1	»	71	7.5	»	72	4.5
»	72	7.5	»	72	6 »	»	73	2.9
»	73	5.9	»	73	4.4	»	74	1.4

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
74	38	98 »	73	41	81 »	72	45	62.5
»	39	92.9	»	42	76.7	»	46	58.9
»	40	88.1	»	43	72.5	»	47	55.5
»	41	83.5	»	44	68.6	»	48	52.2
»	42	79.2	»	45	64.8	»	49	49.1
»	43	75 »	»	46	61.2	»	50	46 »
»	44	71 »	»	47	57.8	»	51	43.1
»	45	67 2	»	48	54.4	»	55	40.3
»	46	63.5	»	49	51.2	»	53	37.6
»	47	60 »	»	50	48.2	»	54	35 »
»	48	56.7	»	51	45.2	»	55	32.5
»	49	53.4	»	52	42.4	»	56	30.1
»	50	50.3	»	53	39.6	»	57	27.7
»	51	47.3	»	54	37 »	»	58	25.5
»	52	44.4	»	55	34.4	»	59	23.2
»	53	41.6	»	56	32 »	»	60	21.1
»	54	39 »	»	57	29.6	»	61	19.1
»	55	36.4	»	58	27.3	»	62	17.1
»	56	33.9	»	59	25.1	»	63	15.1
»	57	31.5	»	60	22.9	»	64	13.2
»	58	29.1	»	61	20.8	»	65	11.4
»	59	26.9	»	62	18.8	»	66	9.7
»	60	24.7	»	63	16.8	»	67	7.9
»	61	22.6	»	64	14.9	»	68	6.3
»	62	20.5	»	65	13.1	»	69	4.6
»	63	18.5	»	66	11.3	»	70	3 »
»	64	16.6	»	67	9.5	»	71	1.5
»	65	14.7	»	68	7.8	71	38	89.7
»	66	12.9	»	69	6.2	»	39	84.8
»	67	11.1	»	70	4.6	»	40	80.2
»	68	9.4	»	71	3 »	»	41	75.8
»	69	7.7	»	72	1.5	»	42	71.6
»	70	6.1	72	38	92 4	»	43	67.6
»	71	4.5	»	39	87.5	»	44	63.8
»	72	3 »	»	40	82.8	»	45	60.1
»	73	1.5	»	41	78.4	»	46	56.6
73	38	95.2	»	42	74.1	»	47	53.2
»	39	90.2	»	43	70.1	»	48	50 »
»	40	85.5	»	44	66.2	»	49	46.9

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
71	50	43.9	70	56	26.3	69	63	10.1
»	51	41.1	»	57	24 »	»	64	8.2
»	52	38.3	»	58	21.8	»	65	6.5
»	53	35.6	»	59	19.6	»	66	4.8
»	54	33.1	»	60	17.6	»	67	3.2
»	55	30.6	»	61	15.6	»	68	1.6
»	56	28.2	»	62	13.6	68	38	81.4
»	57	25.9	»	63	11.7	»	39	76.7
»	58	23.6	»	64	9.7	»	40	72.3
»	59	21.4	»	65	8.1	»	41	68 1
»	60	19.3	»	66	6.4	»	42	64.1
»	61	17.3	»	67	4.7	»	43	60.3
»	62	15.3	»	68	3.1	»	44	56.6
»	63	13.4	»	69	1.5	»	45	53.1
»	64	11.6	69	38	84.1	»	46	49.7
»	65	9.8	»	39	79.4	»	47	46.5
»	66	8 »	»	40	75 »	»	48	43.4
»	67	6.3	»	41	70.7	»	49	40.4
»	68	4.7	»	42	66.6	»	50	37.6
»	69	3.1	»	43	62.7	»	51	34.8
»	70	1.5	»	44	59 »	»	52	32.2
70	38	86.9	»	45	55.4	»	53	29.6
»	39	82.1	»	46	52 »	»	54	27.2
»	40	77.6	»	47	48.7	»	55	24.8
»	41	73.2	»	48	45.6	»	56	22.5
»	42	69.1	»	49	42.6	»	57	20.3
»	43	65.2	»	50	39.7	»	58	18.1
»	44	61.4	»	51	36.9	»	59	16 »
»	45	57.8	»	52	34.2	»	60	14 »
»	46	54.3	»	53	31.6	»	61	12.1
»	47	51 »	»	54	29.1	»	62	10.2
»	48	47.8	»	55	26.7	»	63	9.4
»	49	44.7	»	56	24.4	»	64	6.6
»	50	41.8	»	57	22.1	»	65	4.9
»	51	39 »	»	58	20 »	»	66	3.2
»	52	36.2	»	59	17.8	»	67	1.6
»	53	33.6	»	60	15.8	67	38	78.6
»	54	31.1	»	61	13.8	»	39	74.1
»	55	28.6	»	62	11.9	»	40	69.7

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
67	41	65.6	66	51	30.7	65	62	5.1
»	42	61.6	»	52	28.1	»	63	3.3
»	43	57.8	»	53	25.6	»	64	1.6
»	44	54.2	»	54	23.2	64	38	70.4
»	45	50.8	»	55	20 9	»	39	66 »
»	46	47.4	»	56	18.7	»	40	61.9
»	47	44.3	»	57	16.6	»	41	57.9
»	48	41.2	»	58	14.5	»	42	54.1
»	49	38.3	»	59	12.5	»	43	50.3
»	50	35.5	»	60	10.5	»	44	47.1
»	51	32.8	»	61	8.6	»	45	43.8
»	52	30.1	»	62	6.8	»	46	40.6
»	53	27.6	»	63	5 »	»	47	37.6
»	54	25.2	»	64	3.2	»	48	34.6
»	55	22.9	»	65	1.6	»	49	31.8
»	56	20.6	65	38	73.1	»	50	29.2
»	57	18.4	»	39	68.7	»	51	26.6
»	58	16.3	»	40	64.5	»	52	24.1
»	59	14.3	»	41	60.5	»	53	21.7
»	60	12.3	»	42	56.6	»	54	19.4
»	61	10.4	»	43	52.9	»	55	17.1
»	62	8.5	»	44	49.4	»	56	15 »
»	63	6.7	»	45	46.1	»	57	12.8
»	64	4.9	»	46	42.9	»	58	10.9
»	65	3.2	»	47	39.8	»	59	8.9
»	66	1.6	»	48	36.8	»	60	7 »
66	38	75.9	»	49	34 »	»	61	5.2
»	39	71.4	»	50	31.3	»	62	3.4
»	40	67.1	»	51	28.6	»	63	1.7
»	41	63 »	»	52	26.1	63	38	67.6
»	42	59.1	»	53	23.7	»	39	63.3
»	43	55.4	»	54	21.3	»	40	59.3
»	44	51.8	»	55	19 »	»	41	55.4
»	45	48.4	»	56	16.8	»	42	51.6
»	46	46.1	»	57	14.7	»	43	48.1
»	47	42 »	»	58	12.7	»	44	44.7
»	48	39 »	»	59	10.7	»	45	41.4
»	49	36.1	»	60	8.8	»	46	38.3
»	50	33.4	»	61	6.9	»	47	35.3

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
63	48	32.5	61	38	62.2	60	54	11.6
»	49	29.7	»	39	58 »	»	55	9.5
»	50	27.1	»	40	54 »	»	56	7.4
»	51	24.5	»	41	50.3	»	57	5.5
»	52	22.1	»	42	46.7	»	58	3.6
»	53	19.7	»	43	43.2	»	59	1.8
»	54	17.4	»	44	39.9	59	38	56.7
»	55	15.2	»	45	36.8	»	39	52.7
»	56	13.1	»	46	33.8	»	40	48.8
»	57	11 »	»	47	30.9	»	41	45.2
»	58	9 »	»	48	28.1	»	42	41.7
»	59	7.1	»	49	25.4	»	43	38.4
»	60	5.2	»	50	22.9	»	44	35.2
»	61	3.4	»	51	20.4	»	45	32.1
»	62	1.7	»	52	18 »	»	46	29.2
62	38	64.9	»	53	15.7	»	47	26.4
»	39	60.7	»	54	13.5	»	48	23.7
»	40	57.6	»	55	11.4	»	49	21.2
»	41	52.8	»	56	9.3	»	50	18.7
»	42	49.1	»	57	7.3	»	51	16.3
»	43	45.6	»	58	5.4	»	52	14 »
»	44	42.3	»	59	3.5	»	53	11.8
»	45	39.1	»	60	1.7	»	54	9.6
»	46	36 »	60	38	59.4	»	55	7.6
»	47	33.1	»	39	55.3	»	56	5.6
»	48	30.3	»	40	51.4	»	57	3.7
»	49	27.6	»	41	47.7	»	58	1.8
»	50	25 »	»	42	44.2	58	38	54 »
»	51	22.5	»	43	40.8	»	39	50 »
»	52	20 »	»	44	37.5	»	40	46.2
»	53	17.7	»	45	34.5	»	41	42.6
»	54	15.5	»	46	31.5	»	42	39.2
»	55	13.3	»	47	28.6	»	43	35.9
»	56	11.2	»	48	25.9	»	44	32.8
»	57	9.2	»	49	23.3	»	45	29.8
»	58	7.2	»	50	20.8	»	46	26.9
»	59	5.3	»	51	18.3	»	47	24.2
»	60	3.6	»	52	16 »	»	48	21.6
»	61	1.7	»	53	13.7	»	49	19 »

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
58	50	16.6	56	50	12.4	53	38	40.3
»	51	14.2	»	51	10.2	»	39	36.7
»	52	12 »	»	52	8 »	»	40	33.3
»	53	9.9	»	53	5.9	»	41	30 »
»	54	7.7	»	54	3.8	»	42	26.9
»	55	5.7	»	55	1.9	»	43	23.9
»	56	3.7	55	38	45.8	»	44	21 »
»	57	1.8	»	39	42 »	»	45	18.3
57	38	51.2	»	40	38.5	»	46	15.7
»	39	47.3	»	41	35 »	»	47	13.2
»	40	43.6	»	42	31.8	»	48	10.7
»	41	40.1	»	43	28.7	»	49	8.4
»	42	36.7	»	44	25.7	»	50	6.2
»	43	33.5	»	45	22.9	»	51	4.1
»	44	30.5	»	46	20.2	»	52	2 »
»	45	27.5	»	47	17.6	52	38	37.6
»	46	24.7	»	48	15.1	»	39	34.1
»	47	22 »	»	49	12.7	»	40	30.7
»	48	19.4	»	50	10.3	»	41	27.5
»	49	16.9	»	51	8.1	»	42	24.4
»	50	14.5	»	52	6 »	»	43	21.5
»	51	12.2	»	53	3.9	»	44	18.7
»	52	10 »	»	54	1.9	»	45	16 »
»	53	7.8	54	38	43.1	»	46	13.4
»	54	5.8	»	39	39.4	»	47	11 »
»	55	3.8	»	40	35.9	»	48	8.6
»	56	1.9	»	41	32.5	»	49	6.3
56	38	48.5	»	42	29.3	»	50	4.1
»	39	44.7	»	43	26.3	»	51	2 »
»	40	41.1	»	44	23.4	51	38	34.9
»	41	37.6	»	45	20.6	»	39	31.4
»	42	34.3	»	46	17.9	»	40	28.1
»	43	31.1	»	47	15.3	»	41	25 »
»	44	28.1	»	48	12.9	»	42	22 »
»	45	25.2	»	49	10.5	»	43	19.1
»	46	22.4	»	50	8.3	»	44	16.3
»	47	19.8	»	51	6.1	»	45	13.7
»	48	17.2	»	52	4 »	»	46	11.2
»	49	14.8	»	53	1.9	»	47	8.7

DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter	DEGRE à réduire	DEGRE à obtenir	QUANTITE d'eau à ajouter
51	48	6.4	48	39	23.5	45	39	15.7
»	49	4.2	»	40	20.4	»	40	12.7
»	50	2.1	»	41	17.4	»	41	9.9
50	38	32.2	»	42	14.6	»	42	7.3
»	39	28.8	»	43	11.9	»	43	4.7
»	40	25.6	»	44	9.3	»	44	2.3
»	41	22.5	»	45	6.8	44	38	16 »
»	42	19.5	»	46	4.5	»	39	13 »
»	43	16.7	»	47	2.2	»	40	10.2
»	44	14 »	47	38	24.1	»	41	7.5
»	45	11.4	»	39	20.9	»	42	4.9
»	46	8.9	»	40	17.9	»	43	2.4
»	47	6.6	»	41	14.9	43	38	13.4
»	48	4.3	»	42	12.2	»	39	10.4
»	49	2.1	»	43	9.5	»	40	7.6
49	38	29.5	»	44	7 »	»	41	5 »
»	39	26.2	»	45	4.6	»	42	2.4
»	40	23 »	»	46	2.2	42	38	10.7
»	41	20 »	46	38	21.4	»	39	7.8
»	42	17.1	»	39	18.3	»	40	5.1
»	43	14.3	»	40	15.3	»	41	2.5
»	44	11 6	»	41	12.4	41	38	8 »
»	45	9.1	»	42	9.7	»	39	5.2
»	46	6.7	»	43	7 »	»	40	2 5
»	47	4.4	»	44	4.6	40	38	5.3
»	48	2.1	»	45	2.3	»	39	2.6
48	38	26.8	45	38	18.7	39	38	2.7

CHAPITRE VII

ALCOOMÉTRIE

L'alcoométrie est la partie scientifique et pratique de ce travail, qui a pour but de mesurer exactement l'alcool en volume continue dans un liquide quelconque, plus, d'indiquer d'une manière précise le titre réel d'un alcool livré à l'industrie. Cette science est basée sur deux faits connus des savants, la densité de l'alcool absolue à + 15 soit 0.7939 la densité de l'eau étant 1.000.

Deuxièmement, le point d'ébullition de l'eau à 0.76 de pression étant 100° centigrades tandis que celui d el'alcool absolu est de 78.

Dès 1790, Gilpin commença à établir les premières notions de l'alcoométrie basée sur la densité; Tralles, en 1794, corrige ces travaux et établit le système allemand, mais Gay-Lussac modifie tout et fait prévaloir sa méthode décimale et unifie le point de départ, c'est-à-dire qu'il opère la graduation de son alcoomètre densimètre à + 15° centigrades et de 0 à 100. Il motive le choix de + 15° comme point de départ de sa graduation, parce que ce chiffre se rapproche plus de la normale et est plus facile à appliquer dans la pratique pour calculer les écarts produits par les différences de température.

TABLE DE LA CONVERSION

DES DEGRÉS ALCOOMÉTRIQUES EN DEGRÉS DENSIMÉTRIQUES

DEGRÉS de l'aréomètre	DENSITÉ	DEGRÉS de l'aréomètre	DENSITÉ	DEGRÉS de l'aréomètre	DENSITÉ	DEGRÉS de l'aréomètre	DENSITÉ
0	1.0000	26	9700	51	9329	76	8753
1	9985	27	9690	52	9309	77	8720
2	9970	28	9679	53	9289	78	8699
3	9956	29	9668	54	9269	79	8672
4	9942	30	9657	55	9248	80	8645
5	9929	31	9645	56	9227	81	8617
6	9916	32	9633	57	9206	82	8569
7	9903	33	9621	58	9185	83	8560
8	9891	34	9608	59	9165	84	8531
9	9878	35	9594	60	9141	85	8502
10	9867	36	9581	61	9119	86	8472
11	9855	37	9567	62	9096	87	8442
12	9844	38	9553	63	9073	88	8411
13	9833	39	9538	64	9050	89	8379
14	9822	40	9523	65	9027	90	8346
15	9812	41	9507	66	9004	91	8312
16	9802	42	9491	67	8980	92	8278
17	9792	43	9474	68	8956	93	8242
18	9782	44	9457	69	8932	94	8206
19	9773	45	9440	70	8907	95	8168
20	9763	46	9422	71	8882	96	8128
21	9755	47	9404	72	8857	97	8086
22	9742	48	9386	73	8831	98	8042
23	9732	49	9367	74	8805	99	7996
24	9721	50	9348	75	8779	100	7947
25	9711						

L'alcoomètre de Gay-Lussac n'est à proprement parler qu'un aréomètre ou densimètre dont les degrés alcooliques ont une relation directe avec la densité du liquide, aussi a-t-il établi des tables indiquant la valeur de ces degrés en densité. Cette table corrigée par Collardeau est précieuse, car elle permet de vérifier un alcoomètre au moyen d'un densimètre et vice versâ. En effet, connaissant la densité d'un liquide spiritueux, il est facile d'en connaître la teneur en alcool.

L'instrument si simple de Gay-Lussac estun aréomètre à volume variable dont le zéro est indiqué par de l'eau pure à + 15 et le 100 par l'alcool absolu. Sa graduation s'opère dans des mélanges successifs d'eau et d'alcool absolu, sa lecture est facile ; ainsi, si votre alcoomètre marque 65° dans le liquide à essayer et que sa température soit de + 15, vous dites que le liquide contient 65 parties en volume d'alcool absolu et 35 parties d'eau. Mais la température influe sur cet instrument d'une manière très sensible, aussi a-t-on été obligé de faire des tables de correction qui ramènent le chiffre trouvé à la normale à + 15.

Table de correction des degrés alcooliques selon la température

Il peut arriver qu'en n'ait pas sous la main cette table, voici la formule qu'on devra employer pour y remédier et arriver au même résultat. Cette formule est celle de Francœur modifiée par A. Gautier.

$x = A \mp 0,16\ (t\ t')$.

A richesse alcoolique.

t température trouvée.

t' température normale + 15.

0,16 coefficient constant.

TABLEAU DE LA FORCE RÉELLE DES LIQUIDES SPIRITUEUX

DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS DU THERMOMÈTRE															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.1	1.
2	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	2.4	2.3	2.2	2.1	2.
3	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	3.
4	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.3	4.2	4.1	4.
5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.9	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.4	5.3	5.2	5.1	5.
6	6.7	6.9	6.7	6.7	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.5	6.4	6.3	6.2	6.1	6.
7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.5	7.4	7.3	7.2	7.1	7.
8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.5	8.4	8.	8.2	8.1	8.
9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.5	9.4	9.3	9.2	9.1	9.
10	11.»	11.»	11.»	11.»	11.»	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.6	10.5	10.4	10.3	10.2	10
11	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	11.7	11.6	11.5	11.5	11.2	11
12	13.4	13.4	13.4	13.3	13.3	13.2	13.1	13.»	13.»	12.9	12.7	12.6	12.5	12.4	12.2	12
13	14.7	14.7	14.7	14.6	14.5	14.4	14.3	14.2	14.1	14.»	13.8	13.6	13.5	13.4	13.2	13
14	16.1	16.»	16.»	15.9	15.8	15.7	15.6	15.4	15.3	15.1	14.9	14.7	14.6	14.4	14.2	14
15	17.5	17.3	17.2	17.1	16.9	16.8	16.7	18.6	16.4	16.2	16.»	15.8	15.6	15.4	15.2	15
16	18.9	18.7	18.5	18.3	18.1	18.»	17.8	17.7	17.5	17.3	17.»	16.8	16.6	16.4	16.2	16
17	20.3	20.»	19.8	19.6	19.4	19.2	19.»	18.8	18.6	18.4	18.1	17.9	17.6	17.4	17.2	17
18	21.6	21.3	21.1	20.8	20.6	20.4	20.2	20.»	19.7	19.5	19.2	19.»	18.7	18.5	18.2	18
19	22.9	22.6	22.3	22.»	21.8	21.5	21.3	21.»	20.7	20.5	20.2	20.»	19.7	19.5	19.2	1
20	24.2	23.9	23.6	23.3	23.»	22.7	22.4	22.1	21.8	21.6	21.3	21.»	20.7	20.5	20.2	20
21	25.6	25.3	24.9	24.6	24.3	24.»	23.6	23.3	23.»	22.7	22.4	22.1	21.8	21.5	21.2	21
22	27.»	26.7	26.3	25.9	25.6	25.2	24.9	24.6	24.2	23.9	23.5	23.2	22.9	22.6	22.3	22
23	28.4	28.»	27.5	27.1	26.8	26.4	26.»	25.7	25.3	25.»	24.6	24.3	24.»	23.6	23.3	23
24	29.7	29.2	28.8	28.4	28.»	27.6	27.2	26.9	26.5	26.1	25.7	25.4	25.1	24.7	24.3	24
25	30.9	30.4	30.»	29.6	29.2	28.8	28.4	28.»	27.6	27.2	26.8	26.5	26.1	25.7	25.3	25
26	32.1	31.6	31.2	30.8	30.4	30.»	29.6	29.2	28.8	28.4	27.9	27.6	27.2	26.8	26.4	26
27	33.2	32.7	32.3	31.9	31.4	31.»	30.6	30.2	29.8	29.4	29.»	28.6	28.2	27.8	27.4	27
28	34.3	33.8	33.3	32.9	32.5	32.1	31.6	31.2	30.8	30.4	30.»	29.6	29.2	28.8	28.4	28
29	35.3	34.8	34.4	33.9	33.5	33.1	32.6	32.2	31.8	31.4	31.»	30.6	30.2	29.8	29.4	29
30	36.3	35.8	35.4	34.9	34.5	34.1	33.6	33.2	32.8	32.4	32.»	31.6	31.2	30.8	30.4	30
31	37.3	36.8	36.4	36.»	35.5	35.1	34.7	34.2	33.8	33.4	33.»	32.6	32.2	31.8	31.4	31
32	38.3	37.8	37.4	37.»	36.5	36.1	35.7	35.2	34.8	34.4	34.»	33.6	33.2	32.8	32.4	32
33	39.2	38.8	38.4	38.»	37.5	37.1	36.7	36.2	35.8	35.4	35.»	34.6	34.2	33.8	33.4	33
34	40.2	39.8	39.4	39.»	38.5	38.1	37.7	37.2	36.8	36.4	36.»	35.6	35.2	34.8	34.4	34
35	41.1	40.8	40.4	40.»	39.5	39.1	38.7	38.2	37.8	37.4	37.»	36.6	36.2	35.8	35.4	35
36	42.1	41.8	41.4	41.»	40.5	40.1	39.7	39.2	38.8	38.4	38.»	37.6	37.2	36.8	36.4	36
37	43.1	42.7	42.3	42.»	41.5	41.1	40.7	40.2	39.8	39.4	39.»	38.6	38.2	37.8	37.4	37
38	44.»	43.7	43.3	42.9	42.5	42.1	41.6	41.2	40.8	40.4	40.»	39.6	39.2	38.8	38.4	38
39	45.»	44.6	44.2	43.9	43.5	43.1	42.6	42.2	41.8	41.4	41.»	40.6	40.2	39.8	39.4	39
40	45.9	45.5	45.1	44.9	44.4	44.	43.6	43.2	42.8	42.4	42.»	41.6	41.2	40.8	40.4	40
41	46.9	46.5	46.1	45.8	45.4	45.»	44.6	44.2	43.8	43.4	43.»	42.6	42.2	41.8	41.4	41
42	47.9	47.5	47.1	46.7	46.4	45.9	45.5	45.1	44.8	44.4	44.»	43.6	43.2	42.8	42.4	42
43	48.8	48.4	48.1	47.7	47.4	46.9	46.5	46.1	45.8	45.4	45.»	44.6	44.2	43.8	43.4	43
44	49.8	49.4	49.»	48.6	48.3	47.9	47.5	47.1	46.8	46.4	46.»	45.6	45.2	44.8	44.4	44
45	50.7	50.3	49.9	49.6	49.2	48.8	48.4	48.1	47.7	47.3	46.9	46.6	46.2	45.8	45.4	45.
46	51.7	51.3	50.9	50.5	50.2	49.8	49.4	49.1	48.7	48.3	47.9	47.6	47.2	46.8	46.4	46.
47	52.6	52.2	51.8	51.5	51.1	50.7	50.4	50.1	49.7	49.3	48.9	48.6	48.2	47.8	47.4	47.
48	53.5	53.2	52.8	52.4	52.1	51.7	51.4	51.»	50.6	50.2	49.9	49.5	49.2	48.8	48.4	48.
49	54.5	54.2	53.8	53.4	53.»	52.7	52.4	52.»	51.6	51.2	50.9	50.5	50.2	49.8	49.4	49.
50	55.4	55.1	54.7	54.3	54.»	53.6	53.3	52.9	52.6	52.2	51.8	51.5	51.1	50.8	50.4	50.

TABLEAU DE LA FORCE RÉELLE DES LIQUIDES SPIRITUEUX

Degrés centésimaux	DEGRÉS DU THERMOMÈTRE															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
51	56.4	56.»	55.7	55.3	55.»	54.6	54.3	53.9	53.6	53.2	52.8	52.5	52.1	51.8	51.4	51.»
52	57.3	57.»	56.6	56.3	56.»	55.6	55.2	54.9	54.6	54.2	53.8	53.5	53.1	52.7	52.3	52.»
53	58.3	57.9	57.6	57.2	56.9	56.6	56.2	55.9	55.5	55.1	54.8	54.4	54.1	53.7	53.3	53.»
54	59.2	58.9	58.5	58.2	57.9	57.5	57.1	56.9	56.5	56.1	55.8	55.4	55.»	54.7	54.3	54.»
55	60.2	59.9	59.5	59.2	58.9	58.5	58.1	57.8	57.5	57.1	56.8	56.4	56.»	55.7	55.3	55.»
56	61.2	60.9	60.5	60.2	59.8	59.5	59.1	58.8	58.5	58.1	57.8	57.4	57.»	56.7	56.3	56.»
57	62.1	61.8	61.5	61.1	60.8	60.4	60.1	59.8	59.5	59.1	58.8	58.4	58.»	57.7	57.3	57.»
58	63.1	62.8	62.4	62.1	61.7	61.4	61.»	60.7	60.4	60.»	59.7	59.4	59.»	58.7	58.3	58.»
59	64.1	63.8	63.4	63.1	62.7	62.4	62.»	61.7	61.4	61.»	60.7	60.4	60.»	59.7	59.3	59.»
60	65.»	64.7	64.4	64.1	63.7	63.4	63.»	62.7	62.4	62.»	61.7	61.4	61.»	60.7	60.3	60.»
61	66.»	65.7	65.3	65.»	64.7	64.3	64.»	63.7	63.4	63.»	62.7	62.4	62.»	61.7	61.3	61.»
62	67.»	66.7	66.3	66.»	65.7	65.3	65.»	64.7	64.4	64.»	63.7	63.4	63.»	62.7	62.3	62.»
63	68.»	67.7	67.3	67.»	66.6	66.3	66.»	65.7	65.4	65.»	64.7	64.4	64.»	63.7	63.3	63.»
64	68.9	68.6	68.3	68.»	67.6	67.3	67.»	66.7	66.4	66.»	65.7	65.4	66.»	64.7	64.3	64.»
65	69.9	69.6	69.3	68.9	68.6	68.3	68.»	67.6	67.3	67.»	66.7	66.4	66.»	65.7	65.3	65.»
66	70.8	70.5	70.2	69.9	69.5	69.2	68.9	68.6	68.3	67.9	67.6	67.3	67.»	66.7	66.3	66.»
67	71.8	71.5	71.2	70.8	70.5	70.2	69.9	69.6	69.3	68.9	68.6	68.3	68.»	67.7	67.3	67.»
68	72.7	72.4	72.1	71.8	71.5	71.2	70.9	70.6	70.2	69.9	69.6	69.3	69.»	68.7	68.3	68.»
69	73.7	73.4	73.1	72.8	72.5	72.2	71.9	71.5	71.2	70.9	70.6	70.3	70.»	69.6	69.3	69.»
70	74.7	74.3	74.»	73.7	73.4	73.1	72.8	72.5	72.2	71.9	71.6	71.3	71.»	70.6	70.3	70.»
71	75.6	75.3	75.»	74.7	74.4	74.1	73.8	73.5	73.2	72.9	72.6	72.3	72.»	71.6	71.3	71.»
72	76.6	76.3	76.»	75.7	75.3	75.»	74.7	74.4	74.1	73.8	73.5	73.2	72.9	72.6	72.3	72.»
73	77.6	77.3	77.»	76.7	76.3	76.»	75.7	75.4	75.1	74.8	74.5	74.2	73.9	73.6	73.3	73.»
74	78.6	78.3	78.»	77.7	77.3	77.»	76.7	76.4	76.1	75.8	75.5	75.2	74.9	74.6	74.3	74.»
75	79.5	79.2	78.9	78.6	78.3	78.»	77.7	77.4	77.1	76.8	76.5	76.2	75.9	75.6	75.3	75.»
76	80.5	80.2	79.9	79.6	79.3	79.»	78.7	78.4	78.1	77.8	77.5	77.2	76.9	76.6	76.3	76.»
77	81.5	81.2	80.9	80.6	80.3	80.»	79.7	79.4	79.1	78.8	78.5	78.2	77.9	77.6	77.3	77.»
78	82.4	82.1	81.9	81.6	81.3	81.»	80.7	80.4	80.1	79.8	79.5	79.2	78.9	78.6	78.3	78.»
79	83.3	83.1	82.8	82.5	82.2	81.9	81.6	81.4	81.1	80.8	80.5	80.2	79.9	79.6	79.3	79.»
80	84.3	84.»	83.7	83.5	83.2	82.9	82.6	82.3	82.»	81.7	81.5	81.2	80.9	80.6	80.3	80.»
81	85.2	85.»	84.7	84.4	84.2	83.9	83.6	83.3	83.»	82.7	82.4	82.2	81.9	81.6	81.3	81.»
82	86.2	85.9	85.6	85.4	85.1	84.8	84.5	84.2	84.»	83.7	83.4	83.1	82.9	82.6	82.3	82.»
83	87.1	86.8	86.6	86.3	86.1	85.8	85.5	85.2	85.»	84.7	84.4	84.1	83.9	83.6	83.3	83.»
84	88.»	87.8	87.5	87.3	87.»	86.7	86.5	86.2	85.9	85.7	85.4	85.1	84.8	84.6	84.3	84.»
85	88.9	88.7	88.5	88.2	87.9	87.7	87.4	87.2	86.9	86.6	86.4	86.1	85.8	85.5	85.3	85.»
86	89.9	89.6	89.4	89.2	88.9	88.6	88.4	88.1	87.9	87.6	87.4	87.1	86.8	86.5	86.3	86.»
87	90.8	90.5	90.3	90.1	89.8	89.6	89.3	89.1	88.8	88.6	88.3	88.»	87.8	87.5	87.3	87.»
88	91.7	91.5	91.2	91.»	90.8	90.5	90.2	90.»	89.8	89.5	89.3	89.»	88.7	88.5	88.2	88.»
89	92.6	92.4	92.2	91.9	91.7	91.5	91.2	91.»	90.7	90.5	90.2	90.»	89.7	89.5	89.2	89.»
90	93.6	93.3	93.1	92.9	92.7	92.4	92.2	91.9	91.7	91.5	91.2	91.»	90.7	90.5	90.2	90.»
91	94.5	94.3	94.»	93.8	93.6	93.4	93.1	92.9	92.7	92.5	92.2	92.»	91.7	91.5	91.2	91.»
92	95.3	95.1	94.9	94.7	94.5	94.3	94.1	93.9	93.6	93.4	93.2	92.9	92.7	92.5	92.2	92.»
93	96.2	96.»	95.8	95.6	95.4	95.2	95.»	94.8	94.6	94.4	94.2	93.9	93.7	93.5	93.2	93.»
94	97.1	96.9	96.7	96.5	96.3	96.1	95.9	95.7	95.5	95.3	95.1	94.9	94.7	94.4	94.2	94.»
95	98.»	97.8	97.6	97.4	97.2	97.»	96.8	96.6	96.4	96.2	96.»	95.8	95.6	95.4	95.2	95.»
96	98.8	98.6	98.5	98.3	98.1	97.9	97.8	97.6	97.4	97.2	97.»	96.8	96.6	96.4	96.2	96.»
97	99.7	99.5	99.3	99.2	99.»	98.8	98.7	98.5	98.3	98.1	98.»	97.8	97.6	97.4	97.2	97.»
98	100	100	100	100	99.9	99.7	99.6	99.4	99.2	99.1	98.9	98.7	98.5	98.4	98.2	98.»
99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99.9	99.7	99.5	99.3	99.2	99.»
00	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	100

TABLEAU DE LA FORCE RÉELLE DES LIQUIDES SPIRITUEUX

DEGRÉS centésimaux.	DEGRÉS DU THERMOMÈTRE														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1	1.»	0.8	0.7	0.5	0.3	0.1	0.0
3	2.9	2.8	2.7	2.6	2.4	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.9
4	3.9	3.8	3.7	3.6	3.4	3.3	3.2	3.1	2.9	2.7	2.6	2.4	2.2	2.»	1.9
5	4.9	4.8	4.7	4.5	4.4	4.3	4.1	4.»	3.8	3.6	3.5	3.3	3.1	2.9	2.8
6	5.9	5.8	5.7	5.5	5.4	5.2	5.1	4.9	4.8	4.6	4.4	4.3	4.1	3.9	3.7
7	6.9	6.8	6.7	6.5	6.4	6.2	6.1	5.9	5.8	5.5	5.4	5.2	5.»	4.8	4.6
8	7.9	7.8	7.7	7.5	7.3	7.1	7.»	6.8	6.7	6.5	6.3	6.1	5.9	5.7	5.5
9	8.9	8.8	8.7	8.5	8.3	8.1	7.9	7.8	7.6	7.4	7.2	7.»	6.8	6.6	6.4
10	9.9	9.8	9.7	9.5	9.3	9.1	8.9	8.7	8.5	8.3	8.1	7.9	7.7	7.5	7.3
11	10.9	10.8	10.7	10.5	10.3	10.1	9.9	9.7	9.5	9.3	9.»	8.8	8.6	8.4	8.1
12	11.9	11.7	11.6	11.4	11.2	11.»	10.8	10.6	10.4	10.2	9.9	9.7	9.5	9.2	9.»
13	12.9	12.7	12.5	12.4	12.2	11.9	11.7	11.5	11.3	11.1	10.8	10.6	10.3	10.1	9.8
14	13.9	13.7	13.5	13.3	13.1	12.8	12.6	12.4	12.2	12.»	11.7	11.5	11.2	11.»	10.7
15	14.9	14.7	14.5	14.3	14.»	13.7	13.5	13.3	13.1	12.8	12.6	12.3	12.»	11.8	11.5
16	15.9	15.6	15.4	15.2	14.9	14.6	14.4	14.1	13.9	13.6	13.4	13.1	12.8	12.6	12.3
17	16.9	16.6	16.3	16.1	15.8	15.5	15.3	15.»	14.8	14.5	14.2	14.»	13.7	13.4	13.1
18	17.8	17.5	17.3	17.»	16.7	16.4	16.2	15.9	15.7	15.4	15.1	14.8	14.5	14.2	13.9
19	18.7	18.4	18.2	17.9	17.6	17.3	17.»	16.7	16.5	16.2	15.9	15.6	15.3	15.»	14.7
20	19.7	19.4	19.1	18.8	18.5	18.2	17.9	17.6	17.4	17.1	16.7	16.5	16.1	15.8	15.5
21	20.7	20.4	20.1	19.8	19.5	19.1	18.8	18.5	18.3	18.»	17.7	17.4	17.»	16.7	16.4
22	21.7	21.4	21.1	20.8	20.5	20.1	19.8	19.5	19.2	18.9	18.6	18.3	18.»	17.6	17.3
23	22.7	22.4	22.»	21.7	21.4	21.1	20.7	20.4	20.1	19.8	19.5	19.2	18.9	18.5	18.2
24	23.7	23.4	23.»	22.7	22.4	22.1	21.7	21.4	21.1	20.7	20.4	20.1	19.7	19.4	19.1
25	24.7	24.4	24.»	23.6	23.3	23.»	22.6	22.3	21.9	21.6	21.3	20.9	20.6	20.3	19.9
26	25.7	25.4	25.»	24.6	24.3	23.9	23.6	23.2	22.8	22.5	22.2	21.8	21.5	21.1	20.8
27	26.6	26.3	25.9	25.5	25.2	24.8	24.4	24.1	23.7	23.3	23.»	22.7	22.3	21.9	21.6
28	27.6	27.3	26.9	26.5	26.1	25.7	25.3	25.»	24.6	24.3	23.9	23.6	23.2	22.8	22.5
29	28.6	28.2	27.8	27.4	27.1	26.7	26.3	25.9	25.5	25.2	24.8	24.4	24.»	23.7	23.3
30	29.6	29.2	28.8	28.4	28.»	27.6	27.2	26.8	26.4	26.1	25.7	25.3	24.9	24.5	24.2
31	30.6	30.2	29.8	29.4	29.»	28.6	28.2	27.8	27.4	27.»	26.6	26.2	25.8	25.4	25.1
32	31.6	31.2	30.8	30.4	30.»	29.6	29.2	28.8	28.4	28.»	27.6	27.2	26.8	26.4	26.»
33	32.6	32.1	31.7	31.3	30.9	30.5	30.2	29.7	29.3	28.9	28.5	28.1	27.7	27.3	26.9
34	33.5	33.1	32.7	32.3	31.9	31.5	31.1	30.7	30.3	29.9	29.5	29.1	28.7	28.3	27.9
35	34.5	34.1	33.7	33.3	32.9	32.5	32.1	31.7	31.3	30.9	30.5	30.1	29.7	29.3	28.9
36	35.5	35.1	34.7	34.3	33.9	33.5	33.1	32.7	32.3	31.9	31.5	31.1	30.7	30.3	29.9
37	36.5	36.1	35.7	35.3	34.9	34.5	34.1	33.7	33.3	32.9	32.5	32.1	31.7	31.3	30.9
38	37.5	37.1	36.7	36.3	35.9	35.5	35.1	34.7	34.3	33.9	33.5	33.1	32.7	32.3	31.9
39	38.5	38.1	37.7	37.3	36.9	36.5	36.1	35.7	35.3	34.9	34.5	34.1	33.7	33.3	32.9
40	39.5	39.1	38.7	38.3	37.9	37.5	37.1	36.7	36.3	35.9	35.5	35.1	34.7	34.3	33.9
41	40.6	40.2	39.8	39.4	39.»	38.6	38.2	37.8	37.4	37.»	36.5	36.1	35.7	35.3	34.9
42	41.6	41.2	40.8	40.4	40.»	39.6	39.2	38.8	38.4	38.»	37.6	37.2	36.8	36.3	35.9
43	42.6	42.2	41.8	41.4	41.»	40.6	40.2	39.8	39.4	39.»	38.6	38.2	37.8	37.4	37.»
44	43.6	43.2	42.8	42.5	42.1	41.7	41.3	40.9	40.5	40.1	39.7	39.3	38.9	38.5	38.1
45	44.6	44.2	43.8	43.5	43.1	42.7	42.3	41.9	41.5	41.1	40.7	40.3	39.9	39.5	39.1
46	45.6	45.2	44.9	44.5	44.1	43.7	43.3	42.9	42.5	42.2	41.8	41.4	41.»	40.6	40.2
47	46.6	46.2	45.9	45.5	45.1	44.8	44.3	43.9	43.6	43.2	42.8	42.4	42.»	41.6	41.2
48	47.6	47.2	46.9	46.5	46.1	45.8	45.3	44.9	44.6	44.2	43.8	43.4	43.»	42.6	42.3
49	48.6	48.3	47.9	47.5	47.2	46.8	46.4	46.»	45.6	45.2	44.9	44.5	44.1	43.7	43.3
50	49.6	49.3	48.9	48.5	48.2	47.8	47.4	47.»	46.6	46.3	45.9	45.5	45.1	44.7	44.3

TABLEAU DE LA FORCE RÉELLE DES LIQUIDES SPIRITUEU

DEGRÉS centésimaux	DEGRÉS DU THERMOMÈTRE														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
51	50.6	50.3	49.9	49.5	49.2	48.8	48.4	48.»	47.6	47.3	46.9	46.5	46.1	45.7	45.4
52	51.6	51.3	50.9	50.6	50.2	49.8	49.4	49.1	48.7	48.3	47.9	47.6	47.2	46.8	46.4
53	52.6	52.3	51.9	51.6	51.2	50.8	50.4	50.1	49.7	49.3	49.»	48.6	48.2	47.8	47.5
54	53.6	53.3	52.9	52.6	52.2	51.8	51.4	51.1	50.8	50.3	50.»	49.6	49.2	48.9	48.5
55	54.6	54.3	53.9	53.6	53.2	52.9	52.5	52.1	51.8	51.4	51.»	50.7	50.3	49.9	49.6
56	55.6	55.3	54.9	54.6	54.2	53.9	53.5	53.1	52.8	52.4	52.»	51.7	51.3	51.»	50.6
57	56.6	56.3	55.9	55.6	55.2	54.9	54.5	54.1	53.8	53.4	53.»	52.7	52.3	52.»	51.6
58	57.6	57.3	56.9	56.6	56.2	55.9	55.5	55.1	54.8	54.4	54.»	53.7	53.3	53.»	52.6
59	58.6	58.3	57.9	57.6	57.2	56.9	56.5	56.1	55.8	55.5	55.1	54.8	54.4	54.»	53.6
60	59.6	59.3	58.9	58.6	58.2	57.9	57.5	57.1	56.8	56.5	56.1	55.8	55.4	55.»	54.7
61	60.6	60.3	59.9	59.6	59.2	58.9	58.5	58.1	57.8	57.5	57.1	56.8	56.4	56.»	55.7
62	61.7	61.3	61.»	60.6	60.3	59.9	59.5	59.2	58.9	58.5	58.1	57.8	57.5	57.1	56.7
63	62.7	62.3	62.»	61.6	61.3	61.»	60.6	60.2	59.9	59.5	59.2	58.8	58.5	58.1	57.8
64	63.7	63.3	63.»	62.7	62.3	62.»	61.6	61.3	61.»	60.6	60.2	59.9	59.5	59.2	58.8
65	64.7	64.3	64.»	63.7	63.3	63.»	62.7	62.3	62.»	61.6	61.3	60.9	60.6	60.2	59.9
66	65.7	65.3	65.»	64.7	64.3	64.»	63.7	63.3	63.»	62.6	62.3	61.9	61.6	61.2	60.9
67	66.7	66.3	66.»	65.7	65.3	65.»	64.7	64.3	64.»	63.7	63.3	63.»	62.6	62.2	61.9
68	67.7	67.3	67.»	66.7	66.4	66.»	65.7	65.4	65.»	64.7	64.3	64.»	63.7	63.3	63.»
69	68.7	68.3	68.»	67.7	67.4	67.»	66.7	66.4	66.»	65.7	65.3	65.»	64.7	64.3	64.»
70	69.7	69.3	69.»	68.7	68.4	68.1	67.8	67.4	67.1	66.7	66.4	66.»	65.7	65.4	65.»
71	70.7	70.3	70.»	69.7	69.4	69.1	68.8	68.4	68.1	67.8	67.4	67.1	66.8	66.4	66.1
72	71.7	71.3	71.»	70.7	70.4	70.1	69.8	69.4	69.1	68.8	68.4	68.1	67.8	67.4	67.1
73	72.7	72.3	72.»	71.7	71.4	71.1	70.8	70.5	70.1	69.8	69.5	69.2	68.8	68.5	68.2
74	73.7	73.3	73.»	72.7	72.4	72.1	71.8	71.5	71.2	70.8	70.5	70.2	69.9	69.5	69.2
75	74.7	74.3	74.»	73.7	73.4	73.1	72.8	72.5	72.2	71.8	71.5	71.2	70.9	70.6	70.3
76	75.7	75.4	75.1	74.7	74.4	74.1	73.8	73.5	73.2	72.8	72.5	72.2	71.9	71.6	71.3
77	76.7	76.4	76.1	75.8	75.5	75.2	74.8	74.5	74.2	73.9	73.6	73.3	73.»	72.6	72.3
78	77.7	77.4	77.1	76.8	76.5	76.2	75.9	75.5	75.2	74.9	74.6	74.3	74.»	73.7	73.3
79	78.7	78.4	78.1	77.8	77.5	77.2	76.9	76.6	76.3	76.»	75.6	75.3	75.»	74.7	74.4
80	79.7	79.4	79.1	78.8	78.5	78.2	77.9	77.6	77.3	77.»	76.7	76.3	76.»	75.7	75.4
81	80.7	80.4	80.1	79.8	79.5	79.2	78.9	78.6	78.3	78.»	77.7	77.4	77.1	76.7	76.4
82	81.7	81.4	81.1	80.8	80.5	80.2	79.9	79.6	79.3	79.»	78.7	78.4	78.1	77.8	77.5
83	82.7	82.4	82.1	81.9	81.6	81.3	81.»	80.7	80.4	80.1	79.8	79.5	79.2	78.9	78.6
84	83.7	83.4	83.1	82.9	82.6	82.3	82.»	81.7	81.4	81.1	80.8	80.5	80.2	79.9	79.6
85	84.7	84.4	84.1	83.9	83.6	83.3	83.»	82.7	82.4	82.2	81.8	81.5	81.2	80.9	80.6
86	85.7	85.4	85.2	84.9	84.6	84.3	84.»	83.8	83.5	83.2	82.9	82.6	82.3	82.»	81.7
87	86.7	86.4	86.2	85.9	85.6	85.3	85.»	84.8	84.5	84.2	83.9	83.6	83.3	83.»	82.7
88	87.7	87.4	87.2	86.9	86.6	86.4	86.1	85.8	85.5	85.2	84.9	84.7	84.4	84.1	83.8
89	88.7	88.4	88.2	87.9	87.7	87.4	87.1	86.8	86.5	86.3	86.»	85.7	85.4	85.1	84.9
90	89.7	89.5	89.2	88.9	88.7	88.4	88.2	87.9	87.6	87.4	87.1	86.8	86.5	86.2	86.»
91	90.8	90.5	90.2	90.»	89.7	89.5	89.2	89.»	88.7	88.4	88.2	87.8	87.6	87.3	87.1
92	91.8	91.5	91.3	91.1	90.8	90.5	90.2	90.»	89.7	89.5	89.2	89.»	88.7	88.4	88.2
93	92.8	92.6	92.3	92.1	91.8	91.6	91.3	91.1	90.8	90.6	90.3	90.1	89.8	89.5	89.3
94	93.8	93.6	93.3	93.1	92.9	92.6	92.4	92.1	91.9	91.6	91.4	91.1	90.9	90.6	90.4
95	94.8	94.6	94.3	94.1	93.9	93.7	93.4	93.2	93.»	92.7	92.5	92.2	92.»	91.7	91.5
96	95.8	95.6	95.4	95.2	95.»	94.7	94.5	94.3	94.1	93.8	93.6	93.4	93.1	92.9	92.7
97	96.8	96.6	96.4	96.2	96.»	95.8	95.6	95.4	95.2	94.9	94.7	94.5	94.3	94.1	93.8
98	97.8	97.6	97.4	97.3	97.1	96.9	96.7	96.5	96.2	96.»	95.8	95.6	95.4	95.2	95.»
99	98.8	98.7	98.5	98.3	98.1	97.9	97.7	97.5	97.2	97.1	97.9	96.7	96.5	96.3	96.1
100	99.8	99.7	99.5	99.3	99.1	99.»	98.8	98.6	98.4	98.2	98.1	97.9	97.7	97.5	97.3

$+$ quand la température est au-dessous de 15°.
— quand la température est au-dessus de 15°.

Exemple : L'alcoomètre indique 9° à $+$ 25, on a la formule $x = 9 - 0,16 \times 10 = 7°4$.

Si la température était de 10 en aurait.

$$9 + 0,16 \times 5 = 9,8$$

Les résultats de cette formule ne sont pas aussi rigoureux que les tables, mais ils peuvent servir dans la pratique.

L'alcoomètre de Gay-Lussac peut également donner l'alcool non seulement en volume, mais aussi en poids, il suffit pour cela de multiplier le volume vrai trouvé par 0.794.

M. Lejeune, pharmacien de la marine, voulant éviter les calculs, a construit un aréomètre qui donne en même temps les volumes et les poids, correction faite des températures. Cet instrument est identique à celui de Gay-Lussac, seulement il porte, en même temps que les graduations pondérales et volumétriques, les coefficients nécessaires pour corriger l'erreur relative à la température.

Ces deux instruments ainsi que les tables indiquées plus haut sont suffisants pour la pratique, il ne nous reste plus qu'à examiner les autres en usage.

Avant le pèse-alcool de Gay-Lussac, on se servait de l'aréomètre de Cartier qui est divisé en 44°, le zéro correspond à l'eau et le 44° à l'alcool absolu, le tout à la température de 12°5.

Beaumé a également fait un alcoomètre. Sans entrer dans plus de détail au sujet de ces instruments, nous donnerons simplement la table de correction de leurs degrés en degrés centésimaux, les seuls en usage aujourd'hui.

CONVERSION DES DEGRÉS ALCOOMÉTRIQUES

DE BEAUMÉ, CARTIER ET GAY-LUSSAC

DEGRÉS LUS SUR L'INSTRUMENT			POIDS spécifique l'opération étant faite à + 15°	DEGRÉS LUS SUR L'INSTRUMENT			POIDS spécifique l'opération étant faite à + 15°
Pèse-liqueur Beaume	Aréomètre Cartier	Alcoomètre Gay-Lussac		Pèse-liqueur Beaumé	Aréomètre Cartier	Alcoomètre Gay-Lussac	
10	10	0	1.000	»	»	28	0.968
»	»	1	0.999	15	»	29	0.967
»	»	2	0.997	»	»	30	0.966
»	»	3	0 996	»	»	31	0.965
»	»	4	0.994	»	15	32	0.964
11	11	5	0.993	»	»	33	0.963
»	»	6	0.992	16	»	34	0.962
»	»	7	0.990	»	»	35	0.960
»	»	8	0.989	»	»	36	0.959
»	»	9	0.988	»	16	37	0.957
12	»	10	0.987	»	»	38	0.956
»	12	11	0.986	17	»	39	0.954
»	»	12	0.984	»	»	40	0.953
»	»	13	0.983	»	17	41	0.951
»	»	14	0.982	»	»	42	0.949
»	»	15	0.981	18	»	43	0.948
»	»	16	0.980	»	»	44	0.946
13	»	17	0.979	»	»	45	0.945
»	13	18	0.978	»	18	46	0.943
»	»	19	0.977	19	»	47	0.941
»	»	20	0.976	»	»	48	0.940
»	»	21	0.975	»	»	49	0.938
»	»	22	0.974	20	19	50	0.936
14	»	23	0.973	»	»	51	0.934
»	»	24	0.972	»	»	52	0.932
»	14	25	0.971	21	20	53	0.930
»	»	26	0.970	»	»	54	0.928
»	»	27	0.969	»	»	55	0.926

CONVERSION DES DEGRÉS ALCOOMÉTRIQUES
DE BEAUMÉ, CARTIER ET GAY-LUSSAC (*Suite*)

DEGRÉS LUS SUR L'INSTRUMENT			POIDS spécifique l'opération étant faite à + 15°	DEGRÉS LUS SUR L'INSTRUMENT			POIDS spécifique l'opération étant faite à + 15°
Pèse-liqueur Beaumé	Aréomètre Cartier	Alcoomètre Gay-Lussac		Pèse-liqueur Beaumé	Aréomètre Cartier	Alcoomètre Gay-Lussac	
22	21	56	0.924	32	30	79	0.868
»	»	57	0.922	»	»	80	0.865
»	»	58	0.920	33	31	81	0.863
23	22	59	0.918	»	»	82	0.860
»	»	60	0.915	34	32	83	0.857
»	»	61	0.913	35	»	84	0.854
24	23	62	0.911	»	33	85	0.851
»	»	63	0.909	36	34	86	0.848
25	»	64	0.906	»	»	87	0.845
»	24	65	0.904	37	35	88	0 842
»	»	66	0.902	38	36	89	0.838
26	»	67	0.899	»	»	90	0.835
»	25	68	0.896	39	37	91	0.832
27	»	69	0.893	»	»	92	0.829
»	26	70	0.891	40	38	93	0.826
28	»	71	0.888	41	»	94	0.822
»	27	72	0.886	42	39	95	0.818
29	»	73	0.884	43	40	96	0.814
»	28	74	0.881	44	41	97	0.810
30	»	75	0.879	45	42	98	0.805
»	»	76	0.876	46	43	99	0.800
31	29	77	0.874	47	44	100	0.795
»	»	78	0.871	48			0.791

En Angleterre, on n'emploie pas les mêmes tables que nous pour déterminer la richesse alcoolique d'un liquide. On se sert de l'hydromètre de Sykes qui a le point de départ suivant :

100° s'obtiennent par quarante-neuf parties d'alcool absolu et cinquante-une parties d'eau, ayant une densité

de 0.9186 à la température de 51° Fahrenheit ou 10.56 centésimal. C'est le point de départ que les Anglais ap-

COMPARAISON DE L'HYDROMÈTRE SYKES

AVEC L'ALCOOMÈTRE DE GAY-LUSSAC

SYKES	GAY-LUSSAC	SYKES	GAY-LUSSAC	SYKES	GAY-LUSSAC
1	0.6	35	20.1	68	39.1
2	1.1	36	20.7	69	39.7
3	1.7	37	21.3	70	40.2
4	2.3	38	21.8	71	40.8
5	2.9	39	22.4	72	41.4
6	3.4	40	23.0	73	41.9
7	4.0	41	23.6	74	42.5
8	4.6	42	24.1	75	43.1
9	5.2	43	24.7	76	43.7
10	5.7	44	25.3	77	44.3
11	6.3	45	25.9	78	44.8
12	6.9	46	26.4	79	45.4
13	7 5	47	27.0	80	46.0
14	8.0	48	27.6	81	46.6
15	8.6	49	28.2	82	47.1
16	9.2	50	28.7	83	47.7
17	9.8	51	29.3	84	48.3
18	10.3	52	29.9	85	48.9
19	10.9	53	30.5	86	49.4
20	11.5	54	31.0	87	50.0
21	12.1	55	31.6	88	50.6
22	12.6	56	32.2	89	51.1
23	13.2	57	32.8	90	51.7
24	13.8	58	33.3	91	52.3
25	14.4	59	33.9	92	52.9
26	14.9	60	34.5	93	53.4
27	15.5	61	35.1	94	54.0
28	16.1	62	35.6	95	54.6
29	16.7	63	36.2	96	55.2
30	17.2	64	36.8	97	55.7
31	17.8	65	37.4	98	56.3
32	18.4	66	37.9	99	56.9
33	18.9	67	38.5	100	57.5
34	19.5				

pellent *proof spirit*. Ils ont basé sur ce point deux échelles, une supérieure au O, l'autre inférieure.

Nous donnons simplement celle inférieure comparée à celle de Gay-Lussac.

TABLE DE COMPARAISON

DE L'ALCOOMÈTRE DE GAY-LUSSAC AVEC L'HYDROMÈTRE DE SYKES

GAY-LUSSAC	SYKES	GAY-LUSSAC	SYKES	GAY-LUSSAC	SYKES
1	1.7	21	36.5	40	69.6
2	3.5	22	38.3	41	71.3
3	5.2	23	40.0	42	73.1
4	7.0	24	41.8	43	74.8
5	8.7	25	43.5	44	76.6
6	10.4	26	45.2	45	78.3
7	12.2	27	47.0	46	80.0
8	13.9	28	48.7	47	81.8
9	15.7	29	50.5	48	83.5
10	17.4	30	52.2	49	85.3
11	19.1	31	53.9	50	87.0
12	20.9	32	55.7	51	88.7
13	22.6	33	57.4	52	90.5
14	24.4	34	59.2	53	92.2
15	26.1	35	60.9	54	94.0
16	27.8	36	62.6	55	95.7
17	29.6	37	64.4	56	97.4
18	31.3	38	66.1	57	99.2
19	33.1	39	67.9	58	100.9
20	34.8				

En Allemagne, on emploie deux systèmes, ceux de Richter et de Tralles.

Les constructeurs d'instruments ont réuni les deux échelles sur une même tige, mais n'ont pas les mêmes bases.

L'échelle de Tralles se base sur cent parties en volume

et celle de Richter sur cent parties en poids à la température. L'échelle de Tralles est plus exacte et est basée sur l'expérience, celle de Richter repose principalement sur des calculs. Nous simplifierons les calculs des rapports de ces instruments en donnant la table suivante.

TABLE COMPARATIVE DES ALCOOMÈTRES

RICHTER, TRALLES, CARTIER ET GAY-LUSSAC

RICHTER	TRALLES	CARTIER	GAY-LUSSAC
76	85 1/2	33 2/3	86
73	83	32	82
69	80	30 3/4	80
65	77	29 1/2	77
62	74	28	74
59	71 1/4	27	72
55 1/2	68 1/2	26	69
52 1/2	66	25	67
49	63	24	64
46	60	23	61
43 1/2	57 1/4	22	59
41	55	21	56
38 1/2	52	20	53
35 1/2	49	19	49
33	46	18	45

Des doutes s'étant élevés sur l'exactitude des tables de Gay-Lussac et de son alcoomètre, un décret de la Chambre des députés et du Sénat, en date du 8 juillet 1881, nomma une commission de savants chargés de vérifier ces points délicats, et de leurs travaux sortit un nouvel alcoomètre et de nouvelles tables de conversion.

Cette mesure prêta à la critique, mais elle fut rendue exécutoire par un décret du 27 décembre 1884.

Pour faciliter l'application de cette nouvelle graduation, qui diffère du reste fort peu de celle de Gay-Lussac, qui

restera toujours une gloire pour le savant français, nous donnons plus loin une table comparative des deux systèmes.

TABLEAU DES DENSITÉS

CORRESPONDANT AUX DEGRÉS DES ALCOOMÈTRES CENTÉSIMAUX NOUVEAU ET ANCIEN

DEGRÉS	DENSITÉ		DEGRÉS	DENSITÉ		DEGRÉS	DENSITÉ		DEGRÉS	DENSITÉ	
	Alcoomètre légal	Alcoomètre Gay-Lussac		Alcoomètre légal	Alcoomètre Gay-Lussac		Alcoomètre légal	Alcoomètre Gay-Lussac		Alcoomètre légal	Alcoomètre Gay-Lussac
0	1000.00	1000.0	26	969.81	970.0	51	932.41	932.9	75	875.00	875.3
1	998.44	998.5	27	968.76	969.0	52	930.41	930.9	77	872 34	872.6
2	996.95	997.0	28	967.69	967.9	53	928.37	928.9	78	869.65	869.9
3	995.52	995.6	29	966.59	966.8	54	926.30	926.9	79	866.92	867.2
4	994.13	994.2	30	965.45	965.7	55	924.20	924.8	80	864.16	864.5
5	992.77	992.9	31	964.28	964.5	56	922.09	922.7	81	861.37	861.7
6	991.45	991.6	32	963.87	963.3	57	919.97	920.6	82	858.54	858.9
7	990.16	990.3	33	961.83	962.1	58	917.84	918.5	83	855.67	856.0
8	988.91	989.1	34	960.55	960.8	59	915.69	916.3	84	852.75	853.1
9	987.70	987.8	35	959.23	959.4	60	913.51	914.1	85	859.79	850.2
10	986.52	986.7	36	957.86	958.1	61	911.30	911.9	86	846.78	847.2
11	985.37	985.5	37	956.45	956.7	62	909.07	907.6	87	843.72	844.2
12	984.24	984.4	38	954.99	955.3	63	906.82	906.3	88	840.60	841.1
13	983.14	983.3	39	953.50	953.8	64	904.54	905.0	89	837.41	837.9
14	982.06	982.2	40	951.96	952.3	65	902.24	902.7	90	834.15	834.6
15	981.00	981.2	41	950.36	950.7	66	899.91	900.4	91	830.81	831.6
16	979.95	980.2	42	948.72	949.1	67	897.55	898.0	92	827.38	827.8
17	978.92	979.2	43	947.05	947.4	68	895.16	895.6	93	823.85	824.2
18	977.90	978.2	44	945.35	945.7	69	892.74	893.2	94	820.20	820.6
19	976.88	977.3	45	943.61	944 0	70	890.29	890.7	95	816.41	816.8
20	975.87	976.3	46	941.83	942.2	71	887.81	888.2	96	812.45	812.8
21	974.87	975.3	47	940.02	940.4	72	885.31	885.7	97	808.29	808.6
22	973.87	974.2	48	938.17	938.6	73	882.78	883.1	98	803.90	804.2
23	972.86	973.2	49	936.29	936.7	74	880.22	880.5	99	799.26	798.6
24	971.85	972.1	50	934.37	934.8	75	877.63	877.9	100	794.33	791.7
25	970.84	971.1									

Jusqu'à présent nous ne nous sommes occupés que de peser des liquides ne contenant que de l'eau et de l'alcool, mais il arrive souvent dans la pratique que le cas ne se présente pas de cette manière simple, on peut se trouver en présence des liquides alcooliques chargés de matières en dissolution qui influent sur l'alcoomètre qui n'est en somme qu'un densimètre. Il faut dans ce cas avoir recours à d'autres procédés que la pesée directe. De nombreux inventeurs ont, dans ce but, construit différents instruments qu'il est bon de connaître. Nous laisserons de côté les plus anciens qui n'ont de valeur, que comme curiosité, nous examinerons seulement ceux en usage.

Le premier, le plus ancien, est l'alambic qui permet de distiller une petite quantité du liquide à examiner, rétablir le volume primitif par de l'eau pure et de peser au densimètre ou à l'alcoomètre.

C'est M. Salleron qui a donné le modèle le plus pratique et le plus à la portée de tous.

En voici la description. Il se compose de :

1° Une lampe A alimentée par de l'alcool ;

2° Une chaudière en cuivre B ;

3° Un serpentin contenu dans le vase C qui tient lieu de réfrigérant, et porté sur trois pieds.

Le serpentin communique avec la chaudière au moyen d'un tube en étain D terminé par deux bouchons EE′ qui s'adaptent au col de la chaudière B et à l'ouverture du serpentin par des vis à charnière et à pression.

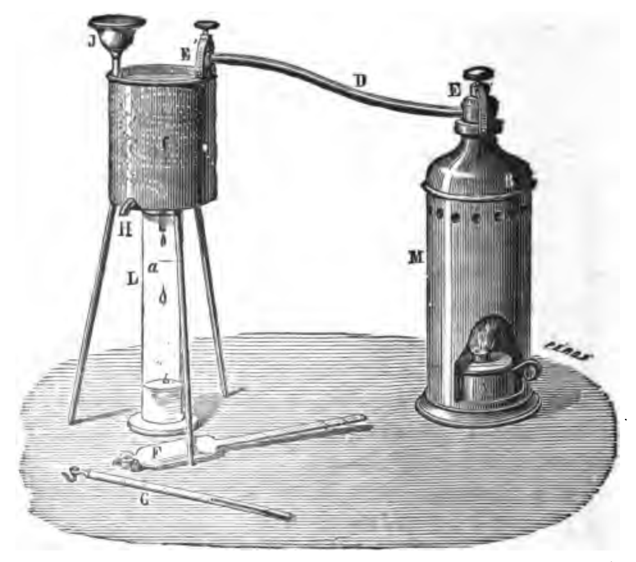
4° Une burette L sur laquelle sont gravées deux divisions : l'une *a* sert à mesurer le liquide soumis à la distillation ; l'autre marquée 1/2 a pour but d'évaluer le volume du liquide recueilli sous le serpentin ;

5° Un aréomètre F dont les indications se rapportent à celle de l'aréomètre Gay-Lussac ;

6° Un thermomètre G à échelle centigrade ;



7° Enfin un petit tube de verre qui sert de pipette

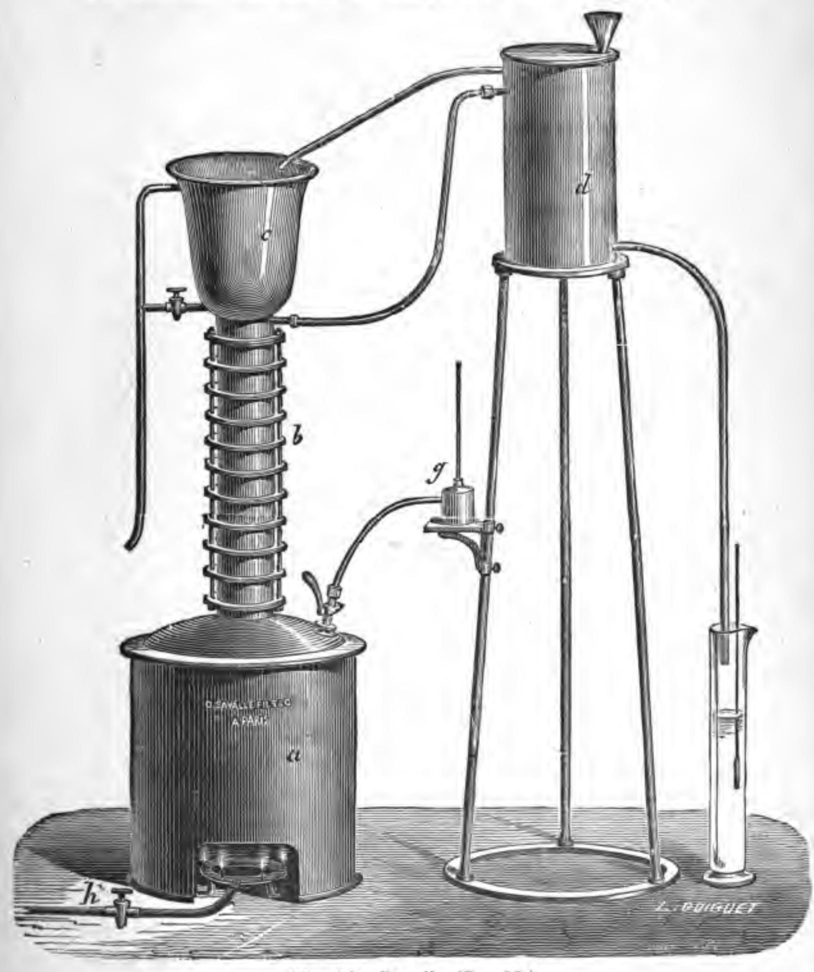


Alambic Salleron (fig. 27).

Pour opérer, on verse deux burettes du liquide à essayer dans la chaudière B, on ferme en établissant la communication avec le serpentin par le tube D, on allume la lampe A et on remplit le réfrigérant C d'eau froide. On distille jusqu'à ce que le liquide recueilli dans la burette L soit arrivé au point *a*, puis cela obtenu, on introduit l'alcoomètre et le thermomètre, on lit les deux indications et le titre trouvé, on le divise par 2. Car on a mis deux éprouvettes de liquide et on n'en pèse qu'une, on a alors le degré exact de l'alcool contenu dans le liquide d'essai.

Opérant ainsi sur 130 centimètres cubes de liquide, on arrive à une approximation assez exacte. La manœuvre de ce petit instrument est des plus simples.

M. A. Savalle, le savant constructeur a, on peut dire, perfectionné l'alambic de Salleron, surtout au point de



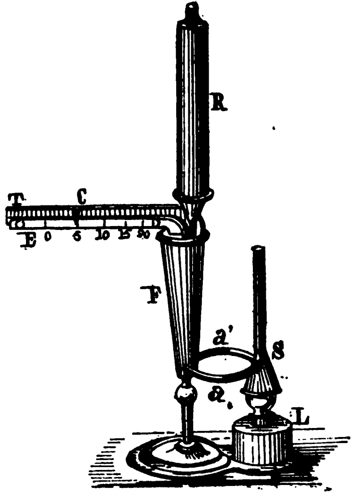
Alambic Savalle (fig. 28.)

vue de l'industrie qui nous occupe; il a apporté des modifications heureuses, voici son appareil. L'examen de la planche et la légende suivante suffiront pour faire comprendre la marche de cet instrument.

LÉGENDE

a. Fourneau contenant la chaudière.
b. Colonne pour enrichir et analyser les vapeurs de la distillation.
c. Analyseur à eau.
d. Réfrigérant.
e. Eprouvette graduée pour recevoir le produit.
f. Cheminée pour les produits de la combustion.
g. Manomètre.
h. Conduite d'arrivée du gaz destiné au chauffage.

Passant à un autre ordre d'idées, examinons les instruments basés sur ce fait, que l'eau bout à 100° à 76 de pression, tandis que l'alcool bout lui à 78°.



Ebullioscope Mallingand (fig. 29).

Le premier instrument de ce genre fut construit par l'abbé Vidal, mais son imperfection le fit rapidement abandonner. L'idée cependant était bonne, aussi M. Malligand, son arrière-neveu, a repris ses travaux et a créé l'ébullioscope Malligand dont voici la description :

S. Cheminée d'appel au-dessous de laquelle on place la lampe à alcool.

F. Bouillotte conique dans laquelle on introduit le liquide à essayer.

R. Condensateur rempli d'eau froide, qui fait retomber les vapeurs d'alcool dans le vase F.

T. Tige horizontale du thermomètre, dont le réservoir vertical est dans le vase F.

E. Échelle mobile pouvant se fixer au moyen d'une vis de pression placée derrière le thermomètre, les degrés de cette échelle indiquant les centièmes d'alcool contenus dans le liquide.

C. Curseur mobile qui permet d'établir la coïncidence entre le niveau du mercure et les degrés de l'échelle.

Voici comment se manœuvre cet instrument, on commence par mettre de l'eau dans la chaudière F, on la porte à l'ébullition et on amène le degré O au niveau du mercure, puis on enlève l'eau qu'on remplace par le liquide à essayer, on porte à l'ébullition et là où s'arrête le mercure est l'indication du titre alcoolique, au moyen du curseur C on trouve le titre cherché.

De violentes discussions se sont élevées au sujet de la valeur de cet instrument, mais l'Académie des Sciences a nommé une commission chargée d'examiner la valeur de l'ébullioscope pour se bien fixer sur ce point, car différents instruments pour les dosages alcooliques ont été basés sur ce principe, voici ses conclusions relativement au système Malligand :

En résumé, l'ébullioscope Malligand a démontré :

1° Que si la plupart des matières fixes et solubles retardent le point d'ébullition d'un liquide alcoolisé, il en est cependant qui l'abaissent sensiblement ;

2° Que ces matières se trouvent toujours réunies dans le vin, mais en proportions diverses ;

3° Qu'en s'en tenant aux vins de table dont la fermentation est achevée, ces matières sont assez bien compen-



sées pour que le point d'ébullition corresponde à celui de l'eau alcoolisée au même degré ;

4° Qu'avec les vins de liqueurs et ceux dont la fermentation est inachevée, le degré d'ébullition est retardé, mais qu'en recoupant ces vins avec de l'eau en quantité convenable, on fait toujours disparaître cette anomalie ;

5° Que dans les plus mauvaises conditions on ne commet pas une erreur de plus de 1/6 de degré, et que dans la majorité des cas on est sûr du vingtième ;

6° Que l'opération est facile et rapide ;

7° Que, par suite des soins donnés à la graduation, les instruments construits jusqu'ici et dont le nombre dépasse cent, sont comparables entre eux,

En conséquence, votre commission déclare que l'ébullioscope de M. Malligand fournit le procédé connu jusqu'ici pour titrer l'alcool dans les vins, et elle conclut à ce que l'Académie vote des remerciements à ses auteurs et l'insertion de son mémoire au *Recueil des savants étrangers*.

La question des ébullioscopes était donc tranchée. Ainsi, comme on le voit, différents systèmes ou modèles ont été présentés au public, mais l'idée première en revient toujours à l'abbé Vidal. M. Salleron a modifié le premier système et a construit un ébulliomètre dont voici la description :

L'ébulliomètre se compose d'une chaudière métallique contenant le liquide soumis à l'expérience et renfermé dans l'enveloppe A B qui la protège contre le rayonnement intérieur et augmente la rapidité et la régularité du chauffage. Un réfrigérant D, fixé sur le sommet de la chaudière, condense les vapeurs alcooliques qui s'élèvent dans un serpentin intérieur, en maintenant l'uniformité de la température du liquide en ébullition.

Un thermomètre T, divisé sur verre par dixième de

degré centigrade, est fixé au moyen d'un bouchon de caoutchouc dans la tubulure *t* de la chaudière; son réservoir plonge au sein du liquide chauffé.

Une lampe à alcool L, à flamme constante, chauffe le liquide contenu dans la chaudière. Cette lampe est accompagnée de mèches spéciales. Une échelle ébulliométrique à coulisse a pour but de transformer en richesse alcoolique les températures accusées en degrés centigrades par le thermomètre T.

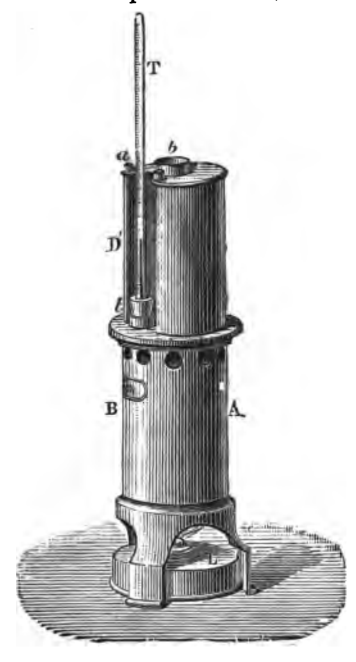


Fig. 30.

Un tube de verre gradué en 100 parties sert à mesurer le volume du liquide sur lequel on doit opérer.

Pour régler l'instrument, on verse dans la chaudière 15 centimètres cubes ou 30 divisions du tube gradué, on introduit le thermomètre dans la tubulure *t* de la chaudière, on allume la lampe. Après quelques minutes, la colonne de mercure s'élève, et quand l'ébullition est bien constante et que le niveau du mercure ne change plus, on observe le degré et on règle son échelle à coulisse du côté où est l'indication eau et alcool, c'est-à-dire qu'on amène le degré indiqué devant le O.

Ce point de départ établi, on enlève l'eau de la chaudière et on la remplace par le liquide à essayer. Seule-

ment, on verse dans la chaudière 100 degrés du tube gradués, on remplit le réfrigérant d'eau froide et on allume la lampe. Quand l'ébullition s'est produite et que le niveau du mercure est fixe, on regarde le degré indiqué et on cherche sur la règle mobile ce même degré, et en face, sur la partie indiquée vins ordinaires, on lit le titre alcoolique. Cette opération est, comme on le voit, très simple et on peut faire tout une série de dosages dans la même journée sans régler de nouveau la règle, à moins toutefois qu'on constate de grandes variations barométriques, ce qui est rare.



Fig. 31.

M. Amagat, professeur à la Faculté de Lyon, a, lui aussi, modifié l'ébulliomètre Vidal ; il ne fait qu'une opération. Voici la description de son instrument :

L'appareil est surmonté de deux entonnoirs.

Celui de gauche est marqué du mot *eau*.

Sur celui de droite, le mot *vin*.

Deux éprouvettes en verre accompagnent l'appareil. L'une est marquée 15 centimètres cubes *eau*.

L'autre, 50 centimètres cubes *vin*.

On commence par régler l'instrument, ce qui se fait de la manière suivante : On verse dans chacun des entonnoirs la mesure eau de 15 centimètres cubes et on allume la lampe. Les deux thermomètres montent quand le mercure ne bouge plus. Au moyen de la vis qui est entre les deux entonnoirs, on amène le trait de droite devant le mercure, puis, au moyen de la petite vis, on amène le grand trait au niveau du mercure du thermomètre de gauche, on

serre fortement cette petite platine et la concordance des deux thermomètres est réglée. Cela fait, on a un appareil réglé pour longtemps.



Le second petit trait qui se trouve sur la petite règle est destiné à corriger l'erreur qui peut se produire quand on opère sur des vins riches en matières en suspension ; c'est du reste sur ce trait qu'il faut généralement se régler.

Pour opérer, on agit alors comme suit :

On verse dans l'entonnoir de gauche 15 centimètres cubes d'eau, et dans celui de droite, 50 centimètres cubes de vin.

On remplit le réfrigérant supérieur d'eau froide et on allume la lampe. Dès que les liquides sont en ébullition, les deux thermomètres montent ; quand ils ont cessé leur mouvement, au moyen de la grande vis du milieu on amène le petit trait de gauche au niveau du mercure et on lit sur la règle de droite le degré auquel le thermomètre de droite s'est arrêté. Le degré est le degré d'alcool du liquide.

Cet instrument pratique est basé sur le même principe que les précédents.

Nous ne pouvons cependant terminer ce chapitre sans relater ce fait, c'est que la grande Commission parlemen-

taire, chargée d'étudier la question des alcools, a, sur le rapport de M. Bardy, chef du laboratoire du ministère des finances, rejeté ces appareils et adopté l'alambic, c'est-à-dire la distillation, comme le moyen le plus sûr. Nous partageons son avis ; mais au point de vue industriel il n'est pas possible, car il faut agir sur des masses de 1 à 2 litres au moins, et l'opération exige un temps assez long qui est un grave inconvénient dans la pratique. Nous pensons que les ébulliomètres sont d'une exactitude suffisante pour les besoins commerciaux.

Il existe encore différents appareils pour doser l'alcool, mais nous n'insisterons pas plus sur ce point.

La seule chose que nous recommandons aux distillateurs, c'est d'avoir des alcoomètres talonnés avec soin et d'en faire faire la vérification tous les ans.

FIN

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER

CHAPITRE II

CHAPITRE III

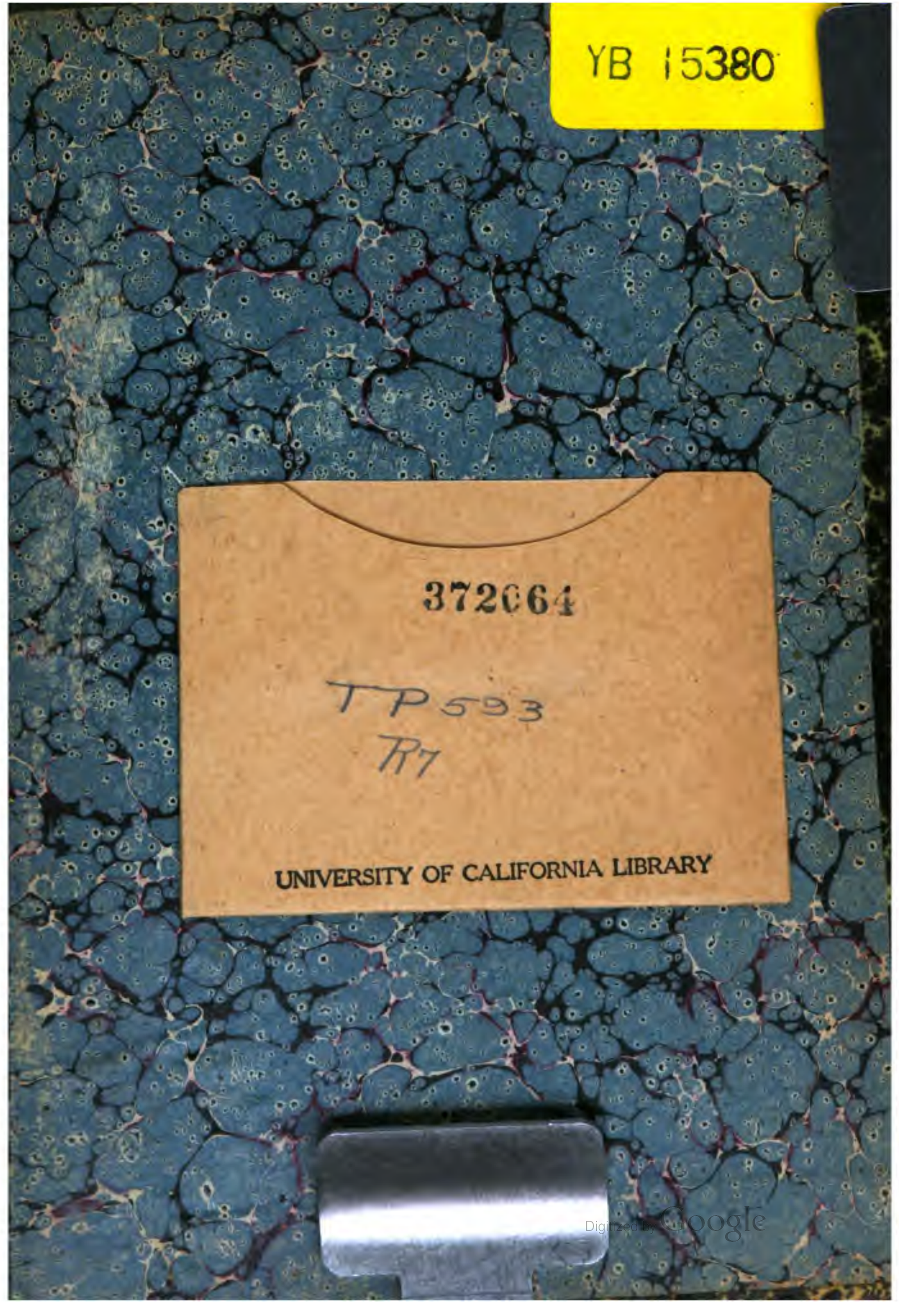
CHAPITRE IV

CHAPITRE V

CHAPITRE VI

CHAPITRE VII

SAINT-QUENTIN. — IMPRIMERIE J. MOUREAU ET FILS.


YB 15380
372064
TP593
R7
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
Digitized by Google

